

الاقتصاد الهندسي

تأليف

WILLIAM G. SULLIVAN

ELIN M. WICKS

JAMES T. LUXHOJ

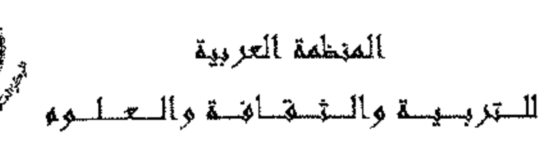
ترجمة

د. محمد نايفة د. محمد الجلالي

د. لبانة مشوّح د. محمد نوار العوّا

مراجعة

أ.د. وائل معلا



المركز العربي
للتعريب والترجمة والتأليف والنشر



الاقتصاد الهندسي


mohamed khatab

الاقتصاد الهندسي

تأليف

WILLIAM G. SULLIVAN
ELIN M. WICKS
JAMES T. LUXHOJ

ترجمة

د. محمد نايفة | د. محمد الجلالي
د. لبانة مشوّح | د. محمد نوار العوّا

مراجعة

أ.د. وائل معلا

دمشق 2004

ENGINEERING ECONOMY

12TH EDITION

WILLIAM G. SULLIVAN
ELIN M. WICKS
JAMES T. LUXHOJ

Published by Arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as **Prentice Hall Inc.**

الاقتصاد الهندسي

ترجمة: د. محمد نايفة د. محمد الجلالي

د. لبانة مشوّح د. محمد نوار العوّا

المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر بدمشق

ص.ب: 3752 ـ دمشق ـ الجمهورية العربية السورية

هاتف: 3334876 11 963 + ـ فاكس: 3330998

E-mail: acatap@net.sy
Web Site: www.acatap.org

تصدير

يحتل الاقتصاد الهندسي أهمية خاصة للعاملين في هذا المجال من المهندسين وغيرهم، وهو أحد المناهج الدراسية لطلاب كليات الهندسة بفروعها المختلفة، ويُعد أحد المقررات الدراسية الراسخة في معظم الكليات والمعاهد الهندسية (الهندسة المدنية والميكانيكية والكهربائية والبتروكيماوية والمعلوماتية). ويحتاج طالب الهندسة إلى التزود من هذا العلم بما يكفي لاتخاذ القرارات الهندسية التـي تنطوي جميعها على أبعاد اقتصادية خلال ممارسته لمهنة الهندسة في حياته العملية.

ورغم الأهمية الكبيرة للاقتصاد الهندسي إلا أن المكتبة العربية تفتقر بشدة إلى الكتب والمراجع الخاصة بهذا الموضوع، مما يجعل من صدور هذا الكتاب تلبية لحاجة ملحة وخطوة ضرورية لرفد المكتبة العربية بترجمة عربية لأحد أهم المراجع العالمية في هذا المجال.

وقد صدرت الطبعة الانكليزية الأولى من هذا الكتاب عام 1942، واستمر صدوره بطبعات متتالية خلال الستين عاماً الماضية حتـى صدور الطبعة المترجمة هنا وهي الطبعة الثانية عشرة، مما يجعل هذا الكتاب ثاني أقدم مرجع في موضوع الاقتصاد الهندسي، وقد لقي هذا الكتاب منذ صدوره إقبالاً شديداً من قبل طلاب الكليات والمعاهد الهندسية عبر العالم، كما تم اعتماده من قبل عدد كبير من الأساتذة كمرجع دراسي أساسي لموضوع الاقتصاد الهندسي، وهو ما يؤكده استمرار هذا الكتاب في الصدور في طبعات متلاحقة.

يسهم هذا الكتاب في تغطية حاجة المهندسين العرب إلى مرجع شامل في الاقتصاد الهندسي يساعدهم على اتخاذ القرارات الاقتصادية الهندسية التـي تنعكس في صورة إيجابية على المشروعات الهندسية ضمن التخصصات الهندسية المختلفة، كما أنه يلبـي حاجة طلاب الكليات والمعاهد الهندسية العربية إلى مرجع دراسي شامل في الاقتصاد الهندسي.

وإن المركز العربي التعريب والترجمة والتأليف والنشر التابع للمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم إذ يقدم هذا الكتاب ليتم استخدامه من قبل المهندسين العرب وطلاب الكليات والمعاهد الهندسية في الدول العربية يؤكد على استمرار نهجه المتمثل في اختيار أحدث المراجع العلمية العالمية، وقد تم الاعتماد في ترجمة هذا الكتاب ومراجعة ترجمته على مجموعة من الأساتذة الجامعيين المتخصصين في تدريس مقرر الاقتصاد الهندسي وممن يشهد لهم بالباع الطويل في تدريس هذا المقرر وفي الممارسة العملية المرتبطة بالدراسات الاقتصادية للمشروعات وللبدائل الهندسية.

وأخيراً، يتمنـى المركز العربـي للتعريب أن يكون في تقديمه لهذا الكتاب إلى المكتبة العربية قد ساهم في رفدها بمرجع علمي متميز وهام وأن يكون قد ساهم في بناء لبنة جديدة من العمل المتواصل في ترجمة الكتب والمراجع العلمية العالمية المتميزة.

مدير المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر

الأستاذ الدكتور عادل نوفل

تمهيد

ماهية الاقتصاد الهندسي

ما هو الاقتصاد الهندسي وأين تكمن أهميته؟ أول ردة فعل لطلاب الهندسة على هذه الأسئلة هي في إعطاء الإجابة التالية: "سيُعنـى غيري بالأمور المالية، ولست بحاجة إلى أن أفكر فيها". والواقع أن المشاريع الهندسية يجب ألاّ تكون فقط قابلة للتحقيق من الناحية الفيزيائية، بل يجب أن تكون ممكنة أيضاً من الناحية المادية. فعلى سبيل المثال يمكن صنع دراجة أطفال ثلاثية العجلات من إطار من الألمنيوم أو من إطار مركب composite. وقد يرى البعض أن الإطار المركب يمثل الخيار الأفضل لكونه أمتن وأخف. بيد أنه من الصعب إيجاد سوق رائجة لدراجة ثلاثية العجلات يبلغ ثمنها ألف دولارا قد يرى البعض أن هذه الحجة مفرطة بالبساطة إلى حد يبعث على السخرية، وأن المنطق يملي اختيار مادة الألمنيوم لصنع الأطر. ومع أن هذا السيناريو مبالغ فيه، إلاّ أنه يدعم الفكرة القائلة بأن لعوامل التصميم الاقتصادية أثر كبير في عملية التصميم، وأن الاقتصاد الهندسي جزء لا يتجزأ من تلك العملية، بقطع النظر عن نوع الهندسة. *فالهندسة دون اقتصاد لا معنـى لها البتة.*

وبوجه عام، لا بد للتصميم الهندسي كي يكون ناجحاً من أن يكون سليماً من الناحية الفنية ومربحاً. ولا بد للأرباح التـي يعود بها تصميم ما من أن تتجاوز تكلفته حتـى تزيد من صافي الأرباح. يعنـى حقل الاقتصاد الهندسي بتقويم منتظم لأرباح وتكلفة المشاريع الهندسية التصميمية والتحليلية. أي أن الاقتصاد الهندسي يحدد أرباح وتكلفة المشاريع الهندسية لمعرفة ما إذا كانت تدر (أو تقتصد) ما يكفي من المال لتبرير رؤوس الأموال المستثمرة فيها. وهكذا فإن الاقتصاد الهندسي يتطلب تطبيق مبادئ في التصميم والتحليل الهندسي توفر بضاعة وخدمات تسدّ حاجات المستهلك بتكلفة معقولة. وسنرى لاحقاً كيف أن الاقتصاد الهندسي بالنسبة لمهندس التصميم الذي يدرس انتقاء المواد له نفس القدر من الأهمية التـي يكتسبها بالنسبة للمدير التنفيذي الذي يقر الإنفاق الرأسمالي لمشاريع جديدة.

تاريخ الكتاب

بادئ ذي بدء، ظهر الكتاب الأول الموسوم **مقدمة في الاقتصاد الهندسي** لمؤلفَيْه وودز وديغارمو Woods and De Garmo عام 1942. وقد شجع الاستخدام الواسع لهذا الكتاب خلال الستين سنة الماضية المؤلفين إلى الاستمرار في التأليف لتحقيق الهدف الأساسي من الكتاب ألا وهو تعليم مبادئ الاقتصاد الهندسي والتبصير بها. وضمن هذا السياق، طبع كتاب **الاقتصاد الهندسي** اثنتـي عشرة طبعة، بُنيت كل واحدة منها على المواد التعليمية الغنية المتوفرة في الطبعات الأولى والتـي ثبت جدواها مع الزمن. ومن الجدير بالذكر أن هذا الكتاب بطبعاته الاثنتـي عشرة هو ثانـي أقدم كتاب في السوق يعالج حصراً موضوع الاقتصاد الهندسي.

الطبعة الثانية عشرة من كتاب الاقتصاد الهندسي

ملامح جديدة أو معدلة في هذه الطبعة

- في الفصل الثانـــي توسع في مسائل التصميم الاقتصادي design economics problems
- إيضاح لتقدير التكلفة cost estimating وتوسع في طريقة تناوله.
- إدراج عدد من المسائل الجديدة والمحدّثة في أواخر الفصول.
- هناك موقع على شبكة الانترنيت web site مخصص للوسائط الإلكترونية لدعم مقرر في الاقتصاد الهندسي وهو جاهز تماماً (ويقوم الناشر، برينتيس هال Prentice Hall بصيانته).
- يظهر خلال النص صفحات إلكترونية لوريقات جدولة spreadsheets templates.
- مع هذه الطبعة ملحق إضافي يتناول تطور واستخدام وريقات الجدولة spreadsheets.
- يتوفر أيضاً كتاب للمعلم يحوي حلولاً كاملة لكل مسائل الكتاب.
- في هذه المقدمة تعليمات عن كيفية استخدام "حقيبة الطالب" "students portfolios" لتسهيل عملية التعلم المتكامل لموضوعات الاقتصاد الهندسي.
- تفسر القيمة الاقتصادية المضافة economic value added لمشروع هندسي ما بطريقة تحليل التدفق النقدي بعد السداد الضريبـــي after-tax cash flow analysis.
- شرح لمفاهيم كلفة السهم العادي والدين الرأسمالي debt capital وكلفة رأس المال المتوسطة الموزونة weighted average cost وعلاقتها بمفهوم معدل العائد.
- أعيدت كتابة تحليل الاستبدال (الفصل التاسع) بغية إيضاح مفاهيم ومبادئ هذه المسألة الهامة.
- أضيف الفصل الخامس عشر الذي يعالج موضوع اتخاذ القرار المتعدد الخصائص multiattributed decision making.

الجانب التربوي في الكتاب

يسعى هذا الكتاب لتحقيق هدفين أساسيين: (1) إتاحة الفرصة أمام الطلاب لفهم مبادئ الاقتصاد الهندسي ومفاهيمه الأساسية ومنهجيته؛ (2) مساعدتهم على اكتساب مهارات في استخدام هذه الأساليب وفي عملية اتخاذ القرارات الحكيمة في مواقف لا بد أن يتعرضوا لها خلال حياتهم العملية. وهكذا، فإن الهدف من كتاب *الاقتصاد الهندسي* هو أن يُستخدم ككتاب جامعي وكمرجع أساسي يلجأ إليه المهندسون أثناء ممارستهم لمهنتهم في مختلف مجالات التخصص (مثال ذلك الهندسة الكيميائية والهندسة المدنية والهندسة المعلوماتية، والكهربائية والصناعية والميكانيكية). وهذا الكتاب مفيد أيضاً للأشخاص الذين يعملون في حقل إدارة النشاطات التقنية.

وككتاب مدرسي، وضعت الطبعة الثانية عشرة هذه أساساً لتتناول مفردات المقرر الرسمي الأول في الهندسة الاقتصادية. وقد نظمت محتويات الكتاب وكذلك كتاب المعلم وملحق وريقات الجدولة الإلكترونية Electronic Spreadsheets Supplement (وكلاهما متوفر لدى برينتس هول Prentice Hall) بغرض توفير عرض وتعليم فعال للمادة المدروسة. إن مقرراً دراسياً يغطي ثلاث ساعات أسبوعياً على مدار الفصل لابد أن يعالج معظم الموضوعات الواردة في هذه الطبعة، كذلك هناك ما يكفي من العمق والاتساع لتمكّن المدرس الجامعي من أن ينظم مضمون المحاضرات بحيث تتلاءم والحاجات الفردية. يجد القارئ في (الجدول P1) مخططات دراسية لمقرر الاقتصاد الهندسي الذي يدرس فصلياً بمعدل ساعتين أو ثلاث ساعات أسبوعياً. إضافة إلى ذلك، ونظراً لتضمين الكتاب عدداً من المواضيع المتقدمة والمتطورة، فإنه بالإمكان استخدامه أيضاً في تدريس مقررٍ ثانٍ في الاقتصاد الهندسي.

الجدول **P-1**: منهاج نموذجي لمقررات في الاقتصاد الهندسي

مقرر فصلي (ثلاث ساعات دراسية)

الفصل	الأسبوع	الموضوع
1	1	مقدمة في الاقتصاد الهندسي
2		مفاهيم التكلفة واقتصاديات التصميم
ملحق A		
3	3-2	علاقات المال- الوقت والتكافؤ
4	4	تطبيقات علاقات المال بالوقت
5	5	مقارنة البدائل
6	6	***نقص القيمة وضرائب الدخل***
	7	***امتحان منتصف الفصل***
11	8	تقدير المشاريع بطريقة حساب نسبة الأرباح إلى التكلفة
7	9	***تقنيات تقدير التكلفة***
8	10	تبدل الأسعار وسعر الصرف
10	11	***التعامل مع عدم اليقين***
9	12	تحليل الاستبدال replacement analysis
15-14	14-13	تمويل رأس المال والتوزيع
		التعامل مع القرارات المتعددة الخصائص
	15	الامتحان النهائي

عدد الحصص الدرسية: 45

مقرر فصلي (ساعتان دراسيتان)

الفصل	عدد الحصص الدرسية	الموضوع
1	1	مقدمة في الاقتصاد الهندسي
2	4	مفاهيم التكلفة، تحليل المبادلة والاقتصاد الحالي
3	5	علاقات المال- الوقت والتكافؤ
3-1	1	**الاختبار رقم 1**
7	3	تطوير تقنيات التدفق النقدي وتقدير التكلفة
4	2	تطبيقات علاقات المال بالوقت
5	4	مقارنة البدائل
1	4, 5, 7	**الاختبار رقم 2**
10	2	***التعامل مع عدم اليقين***
6	5	***نقص القيمة وضرائب الدخل***
15	5	التعامل مع القرارات المتعددة الخصائص
جميع الفصول	5	الامتحان النهائي

عدد الحصص الدرسية: 30

فصول الكتاب وملاحقه كلها روجعت وحدّثت لتعبِّر عن التوجهات والقضايا الراهنة. كما أدرج على مدار الكتاب عدد من التمارين التـــي تحوي مسائل مفتوحة ومهارات في حل المسائل بطريقة الخطوة خطوة iterative problem-solving skills. إن عدداً كبيراً من التمارين الخمسمئة التـــي أضيفت إلى نهاية كل فصل هي تمارين جديدة، وعرض العديد من الأمثلة المحلولة التـــي تمثّل مسائل واقعية تبرز في مختلف فروع الهندسة.

يمكن تصنيف مقرر الاقتصاد الهندسي لأغراض مجلس التأهيل في الهندسة والتكنولوجيا **ABET** في جزأين أحدهما للعلوم الهندسية والآخر للتصميم الهندسي. وينصح بوجه عام بإعداد وتدريس هذا المقرر في المراحل الدراسية المتقدمة حيث يتضمن مقرر الاقتصاد الهندسي المعارف المتراكمة التـــي اكتسبها الطلاب في مجالات أخرى من الخطة الدراسية التـــي تتعامل أيضاً مع حل المسائل بطريقة الخطوة خطوة، والتمارين ذات النهايات المفتوحة، والابتكار في وضع وتقويم حلول معقولة للمسائل المطروحة، وأخيراً اعتبار القيود الواقعية (الاقتصادية والجمالية والسلامة) التـــي تفرض نفسها في حل المسائل.

موقع إضافي على الإنترنيت

صفحة المنشأ التالية متوفرة للمدرسين والطلاب على حد سواء:

http: / / www.prenhall.com /sullivan_engineering

يحوي هذا المصدر مساعدات عديدة في التعليم والتعلم، كأن يقدم (1) عينة من شرائح عرض لبعض الفصول المختارة من الكتاب، (2) ونموذج أسئلة امتحانية، (3) ودرساً خصوصياً في الاقتصاد الهندسي يتضمن أمثلة على الهندسة الخضراء green engineering examples، (4) ووريقات جدولة إلكترونية وضعها جيمس ألووي James A. Alloway Jr.، (5) ودراسات لحالات طورها طلاب في الهندسة يعملون ضمن فرق متعددة الاختصاصات.

إن صفحة منشأ الاقتصاد الهندسي التـــي قمنا بإنشائها هي مصدر ملائم للانتقال بتعليم الاقتصاد الهندسي إلى القرن الواحد والعشرين. لقد أصبح الآن بإمكان الأساتذة والطلبة القيام إلكترونياً عبر الإنترنيت بقص وإلصاق الإضافات المرغوب فيها بما يتلاءم وحاجاتهم واهتماماتهم الفردية. ونحن على ثقة من أن هذه الخاصية التـــي تمتاز بها الطبعة الثانية عشرة ستثير فضول طلابكم في الاقتصاد الهندسي وتحرض مخيلتهم وتدفعهم للتعلم أكثر فأكثر.

السمات التعليمية

صُمِّم كتاب المعلم ليكون معيناً شاملاً على تدريس محتويات الكتاب. فهناك حلول كاملة لكل المسائل في نهاية كل فصل. وقد أضيف عدد من الأمثلة الشاملة (دراسة حالات) إلى الطبعة الثانية عشرة. توفر هذه الأمثلة والمسائل المعقدة إلى حد ما للأستاذ المادة الأساسية اللاّزمة لتدريس مقرر الاقتصاد الهندسي الرسمي بجزأيه الأول والثانـــي الأكثر تقدماً. كما أنها تدخل المبادئ والمفاهيم الأساسية والمنهجيات التـــي يحتاجها المهندسون في الحالات التـــي يواجهونها في حياتهم العملية، وتمثل جسراً يصل ما بين المقاعد الدراسية والممارسة المهنية.

ملحق وريقات الجدولة

أضيف ملحق ثان بعنوان: **النمذجة باستخدام وريقات الجدولة لمرافقة الطبعة الثانية عشرة من كتاب الاقتصاد الهندسي** من تأليف جيمس أ. ألووي الابن James A. Alloway Jr.. تعد وريقات الجدولة الإلكترونية Electronic

Spreadsheets دعامة أساسية في العديد من مقررات الاقتصاد الهندسي في المرحلة الجامعية الأولى. إن ملحق الوريقات الإلكترونية يضمن أن تظل الطبعة الثانية عشرة لكتاب الاقتصاد الهندسي في الطليعة، إذ يوفر قوالب templates أساسية لكل موضوعات الكتاب الهامة. وإضافة إلى هذا، فإنها توفر ملخصاً موجزاً للصيغ والمفاهيم المفتاحية التـي سيجد الطلاب فيها أكبر الفائدة كلما احتاجوا إلى المراجعة أو إلى مرجع سريع.

وتكمن الميزة الكبرى في أنه لم يعد ضرورياً بعد الآن أن يكون الدخول إلى وريقات الجدولة يدوياً. إذ أصبح بالإمكان تحميل القوالب ومن ثم فتحها مباشرة عبر برنامج الوريقات الإلكترونية Excel التابع لويندوز Excel for Windows. توفر معظم بقية حزم برمجيات الوريقات الإلكترونية نافعات تحويل conversion utilities تساعد على تحويل كل هذه الملفات إلى شكلها الأصلي. عندئذ يصبح بإمكان المستخدمين تغيير القوالب الأساسية لتلائم المسألة المحددة التـي هي في قيد المعالجة. وهناك ميزة إضافية وهي أنه طورت قوالب متقدمة لتتماشى مع تقنيات مثل محاكاة مونتـي كارلو Monte Carlo simulation، وتحليل حساسية آنـيٍّ ثلاثي العوامل three-factor simultaneous sensitivity analysis، والبرمجة الخطية الصحيحة integer linear programming.

حقيبة الاقتصاد الهندسي

يطلب من الطلاب في العديد من مقررات الاقتصاد الهندسي تصميم "حقيبة اقتصاد هندسي" Portfolio وتطويرها والمحافظة عليها. والهدف من هذه الحقيبة إظهار المعرفة بالاقتصاد الهندسي وتكاملها إلى ما بعد المهام (الواجبات) والاختبارات المطلوبة. وعادة ما تكون تلك مهمة فردية. إن العرض المحترف والوضوح والإيجاز والابتكار كلها معايير هامة في تقويم الحقائب. ويطلب من الطلاب أن يضعوا في حسبانهم جمهور القراء أو المستمعين (أي الممتحن) أثناء قيامهم بإنشاء حقائبهم.

يجب مراعاة التنوع في محتويات الحقيبة. على الطلاب إظهار معرفتهم كي تقبل محتويات حقائبهم. فمجرد جمع مقالات في مصنف لا يُظهر إلا النـزر اليسير. لذا على الطالب الذي يجمع المقالات، كي يحصل على علامة، أن يقرأها ويلخصها، وقد يشرح الملخص أهمية المقال بالنسبة للاقتصاد الهندسي، أو ينتقد المقال، أو يتحقق من بعض الحسابات الاقتصادية الواردة في المقال أو يوسعها. يجب أن تحتوي الحقيبة على المقال نفسه والملخص في آن معاً. كذلك فإن إضافة الملاحظات والحواشي على هوامش المقال فكرة جيدة. وإليكم في ما يلي مقترحات أخرى تتعلق بمحتويات الحقيبة (لاحظوا كيف أننا نشجع الطلبة على الابتكار):

- صفْ واطرح أو حل مسألة في الاقتصاد الهندسي مرتبطة بحقل تخصصك (مثلاً الهندسة الكهربائية أو إنشاء المباني).
- اختر مشروعاً أو مسألة مستوحاة من المجتمع أو من جامعتك وطبِّق التحليل الاقتصادي الهندسي على حل مقترح أو أكثر.
- طوِّر وظائف (واجبات) مقترحة أو مسائل اختبارية في الاقتصاد الهندسي، وضمِّنها الحل الكامل، ومن ثم بيِّن أي هدف (أو أكثر) من أهداف المقرر تبرهن عليه هذه المسألة (أورد مقاطع من النص).
- فكر ملياً في تطورك الدراسي واكتب عن الأمر، ومن الممكن أيضاً تقديم تقويم ذاتـي مقارنة بأهداف المقرر.
- ضع في الحقيبة صورة أو مخططاً بيانياً يجسد أحد مظاهر الاقتصاد الهندسي. أضف إلى ذلك شرحاً لصلة الصورة أو المخطط البيانـي بالموضوع.
- ضع مسائل عملية محلولة حلاً كاملاً. واستخدم قلماً من لون مختلف لإظهار أنه قد تم التثبّت من الإجابات مقارنة

بالإجابات المعطاة.

• أعد حل المسائل الاختبارية التـــي فاتتك واشرح كل خطأ ارتكب.

(يمكن للائحة السابقة أن تُبرز القيمة النسبية للمواضيع المقترحة؛ أي أن للمواضيع التـــي وردت في رأس اللائحة قيمة أكبر من تلك الواردة في أسفلها).

ضع جزءاً تمهيدياً تشرح فيه الهدف من الحقيبة وتنظيمها. كذلك ننصحك بوضع جدول بالمحتويات وبإبراز مختلف الأجزاء أو العناوين بوضوح شديد. اذكر مراجعك كاملة، إضافة إلى ما قمت أنت به من أعمال (أي يجب تضمين الحقيبة لائحة كاملة بالمراجع). وتذكّر أن الحقيبة تقدم الدليل على أن الطلاب يعرفون عن الاقتصاد الهندسي أكثر مما تعبِّر عنه الفروض والامتحانات. وعليك التركيز على نوعية الأدلّة evidence لا على كميتها.

ويليام ج. سوليفان William G. Sullivan

إلين م. نيك Elin M. Wicks

جيمس ت. لوكسوج James T. Luxhoj

المحتويات

الجزء الأول

الفصل الأول

الفصل الثاني

الفصل الثالث

الجزء الثاني

الفصل الرابع

الفصل الخامس

الفصل السادس

الفصل السابع

الفصل الثامن

الفصل التاسع

الفصل العاشر

الجزء الثالث

الفصل الحادي عشر

الفصل الثاني عشر

الفصل الثالث عشر

الفصل الرابع عشر

الفصل الخامس عشر

الملاحق

الجزء الأول

أساسيات الاقتصاد الهندسي

1. مقدمة في الاقتصاد الهندسي
2. مفهوم التكلفة واقتصاديات التصميم
3. علاقات المال بالوقت والتكافؤ

الاقتصادية على أنها من صلب اهتمامات المهندس، وكذلك توفر تقنيات سليمة لتلبية هذا الاهتمام، هي ما يميز مظهر الممارسة الهندسية الحديثة عما كان عليه في الماضي.

أرثر م. ويلنغتون Arthur M. Wellington هو أحد الرواد في هذا المضمار. وهو[2] مهندس مدنسي عالج في نهاية القرن التاسع عشر بالتحديد دور التحليل الاقتصادي في المشاريع الهندسية. وكان اهتمامه ينصب بوجه خاص على بناء السكك الحديدية في الولايات المتحدة الأمريكية. تبع هذا العمل المبكر فيما بعد مساهمات أخرى رُكِّز فيها على التقنيات التسي كانت تعتمد أساساً على الرياضيات المالية والتأمينية actuarial. في عام 1930، نشر أوجين غرانت الطبعة الأولى من كتابه الجامعي[3]. وكان هذا معلماً في تطور الاقتصاد الهندسي كما نعرفه اليوم. أكد غرانت تطوير وجهة نظر اقتصادية في الهندسة، كما أكد في مقدمة كتابه أن "وجهة النظر هذه تنطوي على إدراك لجملة مبادئ محددة تسيطر على المظاهر الاقتصادية للقرار الهندسي بقدر سيطرتها على مظاهره الفيزيائية". وفي عام 1942، كتب كل من وودز وديغارمو أول طبعة من هذا الكتاب الذي حمل لاحقاً عنوان: ***الاقتصاد الهندسي***.

3.1 ما هي مبادئ الاقتصاد الهندسي؟

لا بد لتطور ودراسة وتطبيق أي علم من أن يبدأ على قاعدة أساسية. ونحن نعرف الأساس الذي يقوم عليه الاقتصاد الهندسي على أنه مجموعة من المبادئ، أو المفاهيم الأساسية التسي توفر تعاليم شاملة لتطوير المنهجية [4]. سيبرع الطلاب في هذه المبادئ خلال تقدمهم في دراسة هذا الكتاب. إلا أنه في مجال تحليل الاقتصاد الهندسي، أظهرت التجربة أن معظم الأخطاء يمكن عزوها لخرق أو عدم تقيد بالمبادئ الأساسية. عندما تتحدد المشكلة أو الحاجة تحديداً واضحاً، يمكن مناقشة أسس العلم بدلالة سبعة مبادئ.

المبدأ الأول: طوّر البدائل

يقع الخيار (القرار) من بين البدائل. تحتاج البدائل للتعيين ومن ثم للتعريف ليصار إلى تحليلها لاحقاً.

يقضي موقف اتخاذ قرار ما الاختيار بين بديلين أو أكثر. من المهم تطوير البدائل وتعريفها في عملية التقويم المفصل، وذلك بسبب الأثر الناجم على نوعية (جودة) القرار. وعلى المهندسين والإداريين أن يولوا أهمية قصوى لهذه المسؤولية. فالخلق والابتكار أساسيان في العملية.

أحد البدائل الممكنة في ظرف اتخاذ القرار هو عدم القيام بأي تغيير في العملية الحالية أو في مجموعة الشروط (أي الامتناع عن أي فعل). إذا اعتبرت هذا الخيار ممكناً، تأكد عندئذ أنه وُضع في الحسبان في عملية التحليل، ولكن لا تركز اهتمامك على الأمر الواقع على حساب القيام بتغيير مبتكر أو ضروري.

---

[2] النظرية الاقتصادية في تحديد موقع السكك الحديدية، الطبعة الثانية، جون وايلي، نيويورك، 1887.

[3] *مبادئ الاقتصاد الهندسي* (نيويورك؛ شركة رونالد بريس للطباعة والنشر، 1930).

[4] يختلف تعريف مبادئ الاقتصاد الهندسي بحسب المؤلفين. يمكن الوقوع على تعاريف أخرى في الأعمال التالية:

1. إ.ل.غرانت، و.ج.أيرسون، ور.س. ليفنورث، *مبادئ الاقتصاد الهندسي*، الطبعة الثامنة، (نيويورك: جون ويلي وأولاده، 1990).
2. تقرير بعنوان "مؤتمر تخطيط الأبحاث لتطوير إطار بحثي للاقتصاديات الهندسية"، جيرالد ج. ثوزن Gerald J. Thuesen ناشراً، معهد جورجيا للتكنولوجيا، آذار 1986. جاء التقرير نتيجة لمنحة من المؤسسة الوطنية للعلوم MEA-8501237.

المبدأ الثاني: ركز على الاختلافات

الاختلافات في النتائج المستقبلية المتوقعة بين البدائل هي المهمة في عملية مقارنة هذه البدائل، ويجب أخذها بالحسبان عند اتخاذ القرار.

إذا كانت كل النتائج المستقبلية للبدائل الممكنة متماثلة تماماً، فلن يكون هناك أساس أو حاجة للمقارنة. وسنشعر عندها باللامبالاة حيال مختلف البدائل، ونستطيع اتخاذ قرار باستخدام الانتقاء العشوائي.

من الواضح أن الاختلافات في البدائل المستقبلة هي وحدها المهمة. أما النتائج التـــي تشترك بها البدائل كلها، فيمكن إهمالها في عملية المقارنة واتخاذ القرار. فمثلاً إذا كانت بدائلك الممكنة المتعلقة بالسكن هي منـــزلين بنفس سعر البيع (أو الإيجار)، فإن السعر يغدو غير ذي قيمة بالنسبة لقرارك النهائي. وبدلاً من ذلك، يصبح القرار معتمداً على عناصر أخرى كمكان السكن ونفقات التشغيل والصيانة السنوية. يوضح هذا المثال بطريقة سهلة وبسيطة المبدأ الثانـــي الذي يبرز الأهداف الاقتصادية لتحليل الاقتصاد الهندسي وهي: النصح بالقيام بمجموعة أعمال مستقبلية تقوم على أساس الفروق بين البدائل الممكنة.

المبدأ الثالث: استخدم وجهة نظر ثابتة

إن النتائج المستقبلية للبدائل، الاقتصادية منها وغير الاقتصادية، يجب تطويرها باتساق انطلاقاً من وجهة نظر (منظور) محددة.

من الطبيعي اعتماد تصور متخذ القرار، الذي غالباً ما يكون تصور مالك المؤسسة. إلا أنه من المهم أولاً تحديد وجهة النظر التـــي قام عليها قرار ما، ومن ثم استخدامه بثبات في التوصيف والدراسة ومقارنة البدائل.

لننظر مثلاً في وضع مؤسسة حكومية تعمل على تطوير حوض نهر، يتضمن توليد وبيع الكهرباء بالجملة من سدود مقامة على النهر. وقد خُطِّط لوضع برنامج لتحسين وزيادة قدرة مولدات الطاقة في موقعين اثنين. فأيّ تصور نستخدم في تحديد بدائل البرنامج الفنية؟ "مالك المؤسسة" يعنـــي في هذا المثال شريحة الناس التـــي ستدفع تكلفة البرنامج، لذا فإن وجهة نظرهم يجب أن تُعتمد في هذه الحالة.

لننظر الآن إلى حالة قد لا تكون فيها وجهة النظر هي نفسها وجهة نظر مالكي المؤسسة. لنفترض أن الشركة في هذا المثال مؤسسة خاصة وأن المسألة المطروحة هي معالجة كيفية توفير صفقة مساعدة مرنة **flexible benefit package** للعاملين فيها. لنفترض أيضاً أن التكلفة المستقبلية التـــي ستقع على كاهل الشركة عند تطبيق الخطة واحدة لكل البدائل الممكنة. إلا أن البدائل تختلف فيما بينها من وجهة نظر المستخدمين الذين يشكل إرضاؤهم معياراً هاماً في اتخاذ القرار. يجب أن تكون وجهة النظر المعتمَدة في هذا التحليل وفي اتخاذ القرار هي وجهة نظر مستخدمي الشركة كمجموعة، كما يجب تحديد البدائل الممكنة من هذا المنظور.

المبدأ الرابع: استخدم وحدة قياس مشتركة

من شأن استخدام وحدة قياس مشتركة في تعداد أكبر قدر ممكن من النتائج المستقبلية أن يسهّل التحليل ومقارنة البدائل.

من المرغوب فيه جعل أكبر قدر ممكن من النتائج المستقبلية قابلاً للقياس **commensurable** وفق وحدة مشتركة (أي

قابلة للمقارنة فيما بينها). فيما يتعلق بالنتائج الاقتصادية، تعتبر الوحدة النقدية كالدولار وحدة القياس المشتركة. عليك أيضاً أن تحاول ترجمة نتائج أخرى (لا تبدو في البداية اقتصادية بالضرورة) إلى تلك الوحدة النقدية. سيتعسر بالطبع تطبيق هذه الترجمة مع بعض هذه النتائج، لكن الجهد الإضافي المبذول لتحقيق هذا الهدف سيعزز قابلية القياس بنفس الوحدة ويسهل لاحقاً تحليل ومقارنة البدائل.

ماذا عليك أن تفعل بالنتائج غير الاقتصادية (أي النتائج المتوقعة التـــي لا يمكن ترجمتها (وتقديرها) باستخدام الوحدة النقدية)؟ أولاً، حدد ، إذا أمكن، مقدار النتائج المستقبلية المتوقعة باستخدام وحدة قياس مناسبة لكل نتيجة. إذا كان هذا غير ممكن بالنسبة لنتيجة واحدة أو أكثر، صِفْ هذه النتائج بوضوح بحيث تكون المعلومة مفيدة لصاحب القرار عند مقارنة البدائل.

المبدأ الخامس: ادرس كل المعايير ذات الصلة

يتطلب انتقاء البدائل المفضلة (اتخاذ القرار) استخدام معيار (أو عدة معايير). كما أن عملية اتخاذ القرار لا بد أن تنظر في آن معاً إلى النتائج التـــي جرى تعدادها في الوحدة النقدية، وإلى تلك التـــي عبر عنها بواسطة وحدات قياس أخرى مختلفة أو حددت بطريقة وصفية.

ينتقي صاحب القرار عادة البديل الذي يخدم على أكمل وجه ممكن مصالح مالكي المنظمة على المدى البعيد. فيما يتعلق بالتحليل الاقتصادي الهندسي، يرتبط المعيار الرئيسي بمصالح المالكين المالية البعيدة المدى. ويستند هذا إلى فرضية أن رأس المال المتاح سيخصص لتوفير الحد الأقصى من العائد المالي للمالكين. ومع ذلك، غالباً ما يكون هناك أهداف تنظيمية أخرى تود تحقيقها باتخاذك قراراً ما، وهي أهداف يجب وضعها في الحسبان وإعطاؤها بعض الوزن عند انتقاء بديل ما. تصبح هذه الخاصيات غير المالية والأهداف المتعددة أساساً لمعايير إضافية في عملية اتخاذ القرار.

المبدأ السادس: أظهر ما هو مشكوك فيه

يدخل الشك في صلب تصور (أو تقدير) النتائج المستقبلية للبدائل ويجب الاعتراف به عند تحليل هذه البدائل ومقارنتها.

ينطوي تحليل البدائل على تصور أو تقدير النتائج المستقبلية المرتبطة بكل بديل من هذه البدائل. ثم إن حجم وأثر النتائج المستقبلية العائد لأي إجراء غير مؤكد. وحتـــى إن كان البديل لا ينطوي على أي تغيير في العمليات الحالية، فإن الاحتمال كبير في أن توقعات اليوم حول مقدار الإيرادات والنفقات مثلاً لن يكون مطابقاً لما سيقع في آخر الأمر. لذا فإن التعامل مع الشك مظهر هام من مظاهر التحليل في الاقتصاد الهندسي وهو موضوع الفصلين 10 و13.

المبدأ السابع: راجع قراراتك

ينجم اتخاذ القرار الحسن عن عملية تكيّف. يجب أن تقارن النتائج الأولية للبديل المختار لاحقا بالنتائج الفعلية التـــي تحققت، بقدر ما هو ممكن وعملي.

يمكن أن تؤدي عملية اتخاذ القرار الجيدة إلى اتخاذ قرار نتائجه غير مرغوب فيها. تؤدي قرارات أخرى، وإن كانت ناجحة نسبياً، إلى نتائج تختلف جوهرياً عن التقديرات الأولية للنتائج. من الأهمية بمكان أن نتعلم من تجاربنا ونتكيف معها، وتلك مؤشرات تدل على حسن التنظيم.

غالباً ما يُعدّ تقويم النتائج بمقارنتها بالتقديرات الأولية لنتائج البديل المنتقى أمراً غير ممكن التطبيق (غير عملي) أو لا يستحق الجهد المبذول فيه. وفي أغلب الأحيان لا تحدث أية تغذية رجعية لعملية اتخاذ القرار. هناك حاجة لوجود علم تنظيمي يضمن تقويم القرارات المطبقة تقويماً رجعياً (لاحقاً) وروتينياً، كما يضمن استخدام النتائج في تحسين التحليل المستقبلي للبدائل وكذلك في تحسين نوعية اتخاذ القرار. يجب أن تكون النسبة المئوية للقرارات الهامة التـي لا يعاد تقويمها في مؤسسة ما نسبة ضئيلة. هناك مثلاً خطأ شائع يرتكب عند مقارنة البدائل، ألا وهو عدم القيام بدراسة صحيحة لأثر الشك في تقديرات بعض العوامل المنتقاة على القرار. فالتقويم الرجعي (اللاحق) وحده هو القادر على إلقاء الضوء على هذا النوع من الضعف في دراسات الاقتصاد الهندسي التـي تجري في مؤسسة ما.

4.1 الاقتصاد الهندسي وعملية التصميم

تنجَز دراسة الاقتصاد الهندسي باستخدام إجراء منظم وتقنيات النمذجة الرياضية. وتُستخدم النتائج الاقتصادية عندئذ في ظرف اتخاذ قرار ما ينطوي على بديلين أو أكثر ويتضمن عادة معرفة هندسية ومعطيات أخرى.

ينطوي *الإجراء السليم لتحليل اقتصاد هندسي* على المبادئ الأساسية التـي بحثناها في الفقرة 3.1، ويتضمن عدة خطوات. سنوضح هذا الإجراء ثم نناقشه لاحقاً ضمن هذه الفقرة، بدلالة *الخطوات السبع* الواردة في العمود الأيمن من (الجدول 1.1). هناك عدة حلقات تغذية رجعية في هذا الإجراء (لا تظهر في الجدول). فعلى سبيل المثال، ضمن الخطوة 1، ستستخدم المعلومات المنشأة من تقويم المسألة كتغذية رجعية لتنقيح (صقل) تعريف المسألة. وكمثال آخر، يمكن للمعلومات التـي حصلنا عليها من تحليل البدائل (الخطوة 5) أن تظهر الحاجة لتغيير بديل واحد أو أكثر، أو لتطوير بدائل إضافية.

الجدول 1.1: العلاقة العامة بين إجراء التحليل الاقتصادي الهندسي وعملية التصميم الهندسي

إجراء تحليل اقتصادي هندسي	عملية التصميم الهندسي (انظر الشكل **P1.15** على الصفحة **21**)
الخطوة	*الفعالية*
1. تعرف المسألة وتعريفها وتقويمها	1. المسألة/ تحتاج لتعريف
	2. المسألة/ تحتاج لصياغة وتقويم
2. تطوير البدائل الممكنة	3. تركيب الحلول الممكنة (البدائل)
3. تطوير النتائج والتدفقات النقدية لكل بديل 4. انتقاء المعيار (أو المعايير) 5. تحليل البدائل ومقارنتها	4. التحليل والأمثلة والتقويم
6. انتقاء البديل المفضل	5. توصيف البديل المفضل
7. مراقبة الأداء وتقويم لاحق للنتائج	6. اتصال

يُستخدم الإجراء ذو الخطوات السبع أيضاً في المساعدة على اتخاذ القرار ضمن عملية التصميم الهندسي، وهو ما يظهر في الجانب الأيمن من (الجدول 1.1). في هذه الحالة، تساهم فعاليات عملية التصميم في معلومات للخطوات ذات الصلة في إجراء التحليل الاقتصادي الهندسي. تبين العلاقة العامة بين فعاليات عملية التصميم وخطوات إجراء التحليل الاقتصادي في (الجدول 1.1).

يصرح ميدندورف[5] "بأن التصميم الهندسي هو فعالية تكرارية لاتخاذ القرار تُستخدم بموجبها المعلومات العلمية والتقنية لإنتاج نظام أو جهاز أو عملية تكون مختلفة إلى حد ما عما تحقق سابقاً حسب علم المصمم، ويكون الهدف منها سدّ حاجات إنسانية." نبتغي كذلك سدّ الحاجات الإنسانية من وجهة النظر *الاقتصادية*، كما سبق أن وضحنا في معرض تعريفنا للهندسة في الفقرة 1.1.

يمكن تكرار عملية التصميم الهندسي وفق أطوار لإنجاز مجمل مسعى التصميم. في الطور الأول، على سبيل المثال، يمكن القيام بدورة كاملة من العملية لانتقاء بديل مفاهيمي أو تصميم أولي (تمهيدي). ثم، في الطور الثاني، تكرر الفعاليات لتطوير التصميم التفصيلي المفضل المبني على التصميم الأولي. يمكن تكرار عملية التحليل الاقتصادي ذات المراحل السبع وفق الحاجة للمساعدة في اتخاذ القرار في كل طور من أطوار مسعى التصميم الكلي. يناقش هذا الإجراء فيما يلي.

1.4.1 تعريف المسألة

ليس من المناسب مجرد التفكير في مسألة أو في موقف محير، بل لا بد من فهم المسألة فهماً جيداً ومن ثم صياغتها صوغاً واضحاً بيّناً قبل أن يتابع فريق المشروع بقية التحليل. إن الخطوة الأولى في إجراء التحليل الاقتصادي الهندسي (ألا وهي تعريف المسألة) هو من الأهمية بمكان، إذ إنه يوفر الأساس لبقية التحليل.

نستخدم هنا تعبير "*المسألة*" بالمعنى الشامل للكلمة. وهو يتضمن كل حالات اتخاذ القرار التي تقتضي إجراء تحليل اقتصاد هندسي. هناك عادة حاجات أو متطلبات تنظيمية داخلية أو خارجية تحث على تعرف المسألة؛ مثال على ذلك مسألة التشغيل *operating problem* داخل شركة ما (حاجة داخلية) أو توقعات الزبون من منتج ما أو من خدمة ما (متطلبات خارجية).

وبمجرد تعرف المسألة، لا بد من النظر إلى صياغتها ضمن *منظور النظام*. أي إنه يجب تعريف حدود الحالة وامتدادها بعناية فائقة، ومن ثم تحديد عناصر المسألة والعوامل المكونة لبيئتها.

ينطوي تقويم المسألة، فيما ينطوي عليه، على تنقيح (تحسين) الحاجات والمتطلبات، ويمكن للمعلومات التي حصلنا عليها من طور التقويم أن تبدل الصيغة الأولية للمسألة. والواقع أن إعادة تعريف المسألة إلى أن يتم التوصل إلى اتفاق في الرأي قد يكون أهم جزء في عملية حل المسألة!

2.4.1 تطوير البدائل[6]

العملان الأساسيان في المرحلة 2 من الإجراء هما (1) البحث عن بدائل محتملة، و(2) غربلتها لاختيار مجموعة أصغر من البدائل الممكنة ليصار في الخطوة 5 إلى تحليلها تحليلاً مفصلاً ومقارنتها. وتعبير "*ممكن*" يعني هنا أن كل بديل انتقي

---

[5] *تصميم الأجهزة والنظم*، (نيويورك: شركة مارسيل ديكر، 1986)، صفحة 2.

[6] يسمى هذا أحياناً "تطوير الخيارات" *option development*. نجد شرحاً مفصلاً لهذه الخطوة الهامة عند فان غوندي (A.B. Van Gundy) في كتابه تقنيات حل المسائل البنيوية *Techniques of Structured Problem Solving*، الطبعة الثانية، (نيويورك: مؤسسة فان نوستراند رينهولد، 1988). ولمزيد من المراجع، انظر إلى كتاب: *حل المسائل الخلاق* (*Creative Problem Solving*) لمؤلفيه (E. Lumsdaine & M. Lumsdaine) (نيويورك: مؤسسة ماكغروهيل، 1990) وكتاب: *Conceptual Blockbusting- A Guide to Better Ideas* (مؤسسة أديسون-ويسلي للنشر، 1986).

لإخضاعه لتحاليل إضافية اعتبر، استنادا إلى تقويم أولي، أنه يفي بمتطلبات الحالة أو يتجاوزها.

1.2.4.1 البحث عن بدائل أفضل: في معرض الحديث عن المبدأ 1 (الفقرة 3.1)، جرى تأكيد على مدى أهمية الإبداع والدهاء في تطوير البدائل المحتملة. ويعتمد الفرق بين البدائل الجيدة والبدائل الممتازة بدرجة كبيرة على *الكفاءة في حل المسائل* لدى الشخص أو الفريق. ويمكن زيادة هذه الكفاءة بالطرق التالية:

1. ركز في المرحلة 1 على إعادة تعريف كل مسألة على حدة.
2. ضع عدة تعاريف للمسألة.
3. تجنب إصدار الأحكام في الوقت الذي تطرح فيه تعاريف جديدة للمسألة.
4. حاول إعادة تعريف المسالة باستخدام مفردات جديدة تختلف كلياً عن التعريف الذي أعطي لها في المرحلة 1.
5. تأكد أن *المسالة الحقيقية* بحثت جيداً وأنها مفهومة تماماً.

هناك عدة حدود تفرض نفسها بثبات أثناء البحث عن بدائل أفضل أو أثناء تعرف المسألة الحقيقية، ومن ذلك: (1) النقص في المال والوقت، (2) الأفكار المعدّة سلفاً عمّا سينجح وما لن ينجح، (3) الافتقار إلى المعرفة. وهكذا، فإن المهندس أو فريق المشروع سيتعاملون أثناء ممارستهم للهندسة مع حلول مسائل لا تبلغ حد الكمال.

المثال 1-1

يتسعرض فريق إدارة شركة صغيـــرة لصناعة المفروشات لضغوط كي يزيد من الربحيّـــة بغية الحصول على قرض مصرفي الشركة بأمس الحاجة إليه لشراء آلات قطع قماش أكثر حداثة. أحد الحلول المقترحة هو بيع رقائق ونشارة مخلفات الخشب لمصنّع فحم محلي بدل استخدامها وقوداً للسخانات في مكاتب الشركة ومصانعها.

آ. حدد مشكلة (مسألة) الشركة. ثم أعد صياغة المسألة بعدة طرق مبتكرة.

ب. طور بديلاً محتملاً واحداً على الأقل للمسائل التـــي أعدت صياغتها في (آ). لا تشغل نفسك في هذه المرحلة بمسألة الجدوى.

الحل:

آ. يبدو أن مشكلة الشركة تكمن في أن العائدات لا تكفي لتغطية التكاليف. يمكن إعادة طرح عدة صياغات:

1. المسألة هي زيادة العائدات وتخفيض التكاليف.
2. المسألة هي المحافظة على العائدات وتخفيض التكاليف.
3. المسألة هي نظام حسابات يوفر معلومات مشوهة عن التكاليف.
4. المسألة هي أن الآلة الجديدة غير ضرورية في الواقع (ومن ثم ليس هناك حاجة للقرض المصرفي).

ب. استناداً إلى الصياغة الجديدة الواردة في 1 فقط، أحد البدائل هو بيع رقائق ونشارة الخشب، ما دام الدخل الإضافي يفوق النفقات الإضافية التـــي يمكن أن تنجم عن تدفئة المباني. بديل آخر هو إيقاف تصنيع المواد المتخصصة والتركيز على المنتجات المعيـــارية ذات الأحجام الكبـــيرة. إضافة إلى ذلك هناك بديل آخر هو تجميع المشتريات والمحاسبة والهندســـة وخدمات دعم مكتبية أخرى مع شركات صغيرة أخرى في المنطقة عن طريق التعاقد مع شركة محلية تعمل على توفير تلك الخدمات.

2.2.4.1 تطوير بدائل الاستثمار: "لا بد من المال لكسب المال" ("المال يجر المال") كما يقول المثل القديم. هل تعلم أن شركة متوسطة في الولايات المتحدة الأمريكية تنفق أكثر من 250 ألف دولار من رأس مالها على كل مستخدم من مستخدميها؟ لذا، على كل شركة كي تجنـــي المال أن تستثمر رأس مال في دعم مصادرها البشرية الهامة- لكن في أي شيء يجب على شركة الفردية أن تَستثمر؟ هناك عادة مئات الفرص المتاحة أمام الشركات لجنـــي المال. ويحتل المهندسون موقع الصدارة في خلق قيمة للشركة، وذلك بتحويل أفكار خلاقة ومبدعة إلى منتجات وخدمات تجارية جديدة أو معاد هندستها. تتطلّب معظم تلك الأفكار استثماراً للمال، وقلة فقط من الأفكار الممكنة التحقيق يمكن تطويرها إما لنقص في الوقت أو المعرفة أو المصادر.

وبالنتيجة فإن أغلب البدائل الاستثمارية التـــي تنشأ عن أفكار هندسية جيدة تستنبط من عدد أكبر من حلول المسائل الجيدة. ولكن كيف يمكن الاستفادة من هذه المجموعة الكبيرة من الحلول المتساوية من حيث الجودة؟ من المثير للاهتمام أن الدراسات خلصت إلى نتيجة مفادها أن المصممين وواضعي حلول المسائل يميلون إلى متابعة بضعة أفكار تنطوي على "ترقيع وإصلاح" فكرة قديمة[7]. بل غالباً ما تستبعد الأفكار الجديدة بحق فلا تؤخذ بالحسبان! توجز هذه الفقرة منهجين لقيا قبولاً واسعاً في صناعة تطوير البدائل الاستثمارية السليمة عبر إزالة بعض العقبات التـــي تقف حائلاً دون التفكير المبدع: (1) العصف الدماغي التقليدي و (2) تقنية الفريق الاسمي **Nominal group technique**.

(1) العصف الدماغي التقليدي. يعد العصف الدماغي التقليدي أكثر الطرق شهرة واستخداماً في توليد الأفكار، وهي تقوم على مبدأين أساسيين هما: مبدأ *"تأجيل الحكم"* ومبدأ *"الكمّ يستولد الكيف"*. هناك أربع قواعد لعصف دماغي ناجح:

1. الانتقاد مستبعَد.
2. الانتقال الحر أمر مرحب به.
3. الكمّ مطلوب.
4. التوافق والتحسين أمر نسعى إليه.

قام أوسبرن بوضع إجراء مفصل للوصول إلى عصف دماغي ناجح[8]. إن جلسة عصف دماغي تقليدية تتألف من الخطوات الأساسية التالية:

1. *الإعداد.* ينتقى المشاركون ويوزع عليهم نص أولي عن المسألة.
2. *العصف الدماغي.* تعقد جلسة تحمية بإثارة مسائل بسيطة لا صلة لها بالمسألة الأساسية، تعرض فيما بعد المسألة ذات الصلة مع قواعد العصف الدماغي الأربع، وتولد الأفكار وتسجل باستخدام قوائم مراجعة وتقنيات أخرى إن اقتضى الأمر.
3. *التقويم.* تقوم الأفكار نسبة إلى المسألة.

يتألف فريق العصف الدماغي عموماً من أربعة إلى سبعة أشخاص، مع أن البعض يقترح مجموعات أكبر.

---

[7] فينغر وديكسون، "مراجعة أبحاث في تصميم الهندسة الميكانيكية. الجزء الأول: نماذج وصفية وتوجيهية وحاسوبية لإجراءات التصميم"، البحث في التصميم الهندسي (نيويورك : سبرينغر- فيرلاغ، 1990).

[8] *الخيال التطبيقي*، الطبعة الثالثة، (نيويورك: أبناء شارلز سكريبنر، 1963). انظر أيضاً: *دليل الفريق*، الطبعة الثانية (ماديسون، 1996)

(2) **تقنية الفريق الاسمي**: تنطوي تقنية الفريق الاسمي NGT التـــي طورها كل من دولبيك وفان دو فين[9] على عقد اجتماع فريق بنيوي مصمم لدمج أفكار وأحكام فردية في صيغة اتفاق جماعي. وإذا ما طبقت تقنية الفريق الاسمي تطبيقاً جيداً، فإنه يمكن لمجموعات من الأفراد (ويستحسن أن تكون مؤلفة من خمسة إلى عشرة أشخاص) توليد بدائل استثمارية أو أفكار أخرى لتحسين قدرة الشركة التنافسية. وبالتأكيد، يمكن استخدام التقنية للحصول على تفكير جماعي (إجماع) حول طيف واسع من المواضيع. على سبيل المثال، أحد الأسئلة التـــي يمكن أن تطرح على الفريق هو: "ما هي أهم المشكلات أو الفرص لتطوير...؟"

عندما تطبق التقنية بالوجه الصحيح، فإنها تحرض لدى الأفراد المشاركين الإبداع، في حين أنها تقلص أثرين غير مرغوب فيهما من آثار معظم اجتماعات الفرق: (آ) سيطرة أحد المشاركين أو أكثر، و(ب) قمع الأفكار المتضاربة.

تكون الصيغة الأساسية لجلسة تقنية الفريق الاسمي على النحو التالي:

1. توليد فردي صامت للأفكار.
2. تغذية رجعية فردية حلقية وتسجيل للأفكار
3. إيضاح جماعي لكل فكرة.
4. تصويت فردي وتصنيف للأفكار لإعطاء الأولوية
5. مناقشة نتائج إجماع الفريق

تبدأ جلسة تقنية الفريق الاسمي بشرح للإجراء وعرض للمسألة (أو المسائل)، ومن الأفضل أن يكونا مكتوبين من الميسِّر[10] (facilitator). ثم يطلب من أعضاء الفريق إعداد لوائح فردية بالبدائل، كالأفكار الاستثمارية أو المواضيع التـــي يشعرون أنها أساسية في استمرار وانتعاش المنظمة. تعرف هذه المرحلة بمرحلة التوليد الصامت ولا تستغرق عادة أكثر من عدة دقائق "لجعل الأفكار تتدفق". بعد اكتمال هذه المرحلة، يدعو الميسّر بنمط مائدة مستديرة كل مشارك لتقديم فكرة واحدة من لائحته، (أو لتقديم أفكار إضافية مع استمرار جلسة المائدة المستديرة). ومن ثم تعرَّف كل فكرة (أو فرصة) على حدة ويقوم ميسّر تقنية الفريق الاسمي بتسجيلها على جدول أو لوح، تاركاً مسافة واسعة بين الأفكار للتعليق أو الإيضاح. يستمر هذا الإجراء إلى أن تسجل كل الفرص وتوضّح وتعرض كي يراها الجميع. عندئذ تجري عملية تصويت لترتيب الأفكار أو الفرص بحسب الأولوية. وأخيراً، تؤدي نتائج التصويت إلى إظهار اتفاق الفريق حول الموضوع الذي طرح للبحث.

3.4.1 تطوير النتائج المستقبلية (المنظورة)

تدمج المرحلة 3 من إجراء التحليل الاقتصادي الهندسي المبادئ 2 و3 و4 الواردة في الفقرة 3.1، وهي تستخدم منهج *التدفق – النقدي الأساسي* المستعمل في الاقتصاد الهندسي. يحدث التدفق النقدي عندما تنتقل الأموال من منظمة إلى أخرى أو من فرد إلى آخر. أي إن التدفق النقدي يمثل النتائج الاقتصادية للبديل بدلالة المال المنفق أو المجنـــى.

---

[9] A.VAN de Ven and A.Delbecq, " The Effectiveness of Nominal, Delphi, and Interactive Group Decision Making Processes," *Academy of Management Journal*, vol.17, no. 4, December 1974, pp. 605-621
"فاعلية عمليات اتخاذ القرار الجماعي الاسمية والتفاعلية بلغة دلفي"

[10] يعطي سينك (D.S. Sink) مثالاً جيداً عن تقنية الفريق الاسمي NGTفي بحثه الموسوم بـــ "استخدام تقنية الفريق الاسمي استخداماً فعالاً" "Using the Nominal Group Technique Effectively", *National Productivity Review*, Spring, 1983, pp.173-184

لننظر إلى مفهوم منظمة لا تملك إلا "نافذة" واحدة تطل بها على بيئتها الخارجية وتقع عبرها *كل* التعاملات النقدية – استلام الإيرادات والمدفوعات للموردين والدائنين والعاملين. إن مفتاح تطوير التدفقات النقدية ذات الصلة لأحد البدائل هو تقدير ما قد يحدث للإيرادات والتكاليف، كما نراها من هذه النافذة، إذا ما طبق هذا البديل تحديداً. *إن التدفق النقدي الصافي* لبديل ما هو الفرق بين كل التدفقات النقدية الواردة (المبالغ المستلمة أو المدخرات) والتدفقات النقدية الصادرة (التكاليف أو النفقات) خلال كل مدة.

غالباً ما تؤدي العوامل *غير النقدية (الخصائص)*، إضافة إلى المظاهر الاقتصادية لاتخاذ القرار، دوراً هاماً في التوصيات النهائية. فيما يلي أمثلة على أهداف أخرى غير هدف زيادة الأرباح إلى الحد الأقصى وتخفيض التكلفة إلى الحد الأدنى:

1. تلبية متطلبات الزبون أو تجاوزها إلى ما هو أكثر منها.
2. السلامة.
3. تحسين شعور العامل بالرضا.
4. المحافظة على مرونة الإنتاج لسدّ حاجة الطلبات المتغيرة.
5. تحقيق أو تجاوز كل المتطلبات البيئية.
6. النجاح في إقامة علاقات عامة جيدة أو في أن يكون المرء عضواً مثالياً في المجتمع.

4.4.1 انتقاء معيار القرار

ينطوي انتقاء معيار القرار (الخطوة 4 في إجراء التحليل) على المبدأ 5. ينتقي عادة صاحب القرار البديل الذي يخدم المصالح البعيدة المدى لمالكي المنظمة على أكمل وجه. كذلك فإن المعيار الاقتصادي للقرار يجب أن يعبِّر عن وجهة نظر ثابتة وسليمة (وفق المبدأ 3) لا بد من اعتمادها في كل مراحل الدراسة الاقتصادية الهندسية.

5.4.1 تحليل ومقارنة البدائل

يستند تحليل المظاهر الاقتصادية لمسألة هندسية (الخطوة 5) إلى حدٍّ بعيد على تقديرات التدفق – النقدي بالنسبة للبدائل الممكنة المنتقاة كي تخضع لدراسة تفصيلية. وعادة ما يقتضي الأمر بذل جهد كبير للحصول على تنبؤات دقيقة ومنطقية عن التدفقات النقدية وعوامل أخرى في ضوء الضغوط التضخمية أو الانكماشية مثلاً، وحركة سعر الصرف، والأوامر الرسمية التنظيمية (القانونية) التـــي غالباً ما تحدث. ومن الواضح أن وضع الشكوك المستقبلية في الحسبان (المبدأ 6) هو جزء أساسي في دراسة الاقتصاد الهندسي. عندما تُقدَّر التدفق النقدي وتُحدَّد التقديرات المطلوبة الأخرى في النهاية، يمكن مقارنة البدائل على أساس الفروق فيما بينها، ووفق ما ينص عليه المبدأ 2. وعادة ما تحدد مقادير هذه الفروق بدلالة وحدة نقدية كالدولار.

موقع مرافق على شبكة الإنترنت (http://www.prenhall.com/sullivan-engineering/): يشكل طرح الأكياس البلاستيكية المرتبط بجمع أوراق الخريف مشكلة بيئية في العديد من المناطق الحضرية. قم بزيارة الموقع على شبكة الإنترنت لمعرفة المسائل ذات الصلة بالبديل الاقتصادي ألا وهو استخدام أكياس قابلة للتحلل البيولوجي.

6.4.1 انتقاء البديل المفضل

بعد تنفيذ خطوات إجراء تحليل الاقتصاد الهندسي الخمس تنفيذاً صحيحاً، يغدو البديل المفضل (الخطوة 6) مجرد نتيجة

للجهد كله. لذا فإن سلامة النمذجة الفنية – الاقتصادية وتقنيات التحليل تملي نوعية النتائج التـي نحصل عليها ومسار العمل الموصى به. تندرج الخطوة 6 ضمن الفعالية 5 من عملية التصميم الهندسي (توصيف البديل المفضل) وذلك عندما تجرى كجزء من جهد تصميمي.

7.4.1 مراقبة الأداء وتقويم لاحق للنتائج

تطبق هذه الخطوة الأخيرة المبدأ 7، وهي تنجز أثناء وبعد جمع النتائج التـي حصلنا عليها من انتقاء البديل. إن مراقبة أداء المشروع أثناء طور التشغيل يحسّن من تحقيق الأهداف ذات الصلة ويقلل من تبدلية النتائج المرجوة. والخطوة 7 هي أيضاً خطوة متابعة لتحليل سابق، وهي تنطوي على مقارنة النتائج الحالية التـي حصلنا عليها بالنتائج التـي سبق أن توقعناها. والهدف هو تعلم كيفية القيام بتحاليل أفضل، والتغذية الرجعية التـي نحصل عليها من التقويم اللاحق هامة للتحسين المستمر لعمليات أية منظمة. ولكن ولسوء الحظ، وكما هو الحال بالنسبة للخطوة 1، فإن هذه الخطوة الأخيرة غالبا ما لا تطبق بثبات أو بأسلوب جيد في الممارسة الهندسية. لذا، فهي تتطلب عناية خاصة لضمان استخدام التغذية الرجعية في الدراسات الحالية أو اللاحقة.

المثال 1-2

خبر سيئ: تحطمت سيارتك للتو! وأنت تحتاج لسيارة جديدة فوراً، لأنك قررت أن السير، أو ركـوب الدراجة أو حافلة النقل العام أمر غير مقبول. عَرَضَ عليك تاجر سيارات جملة 2000 دولار ثمناً لسيارتك المحطمة "بوضعها الحالي". كذلك فإن مراجع مطالبات التعويض في شركة التأمين التـي تتعامل معها قدّر قيمة الأضرار التـي أصابت سيارتك بـ 2000 دولار. ولما كان لديك تأمين من حوادث الاصطدام بشرط قابلية حسم بمقدار 1000 دولار، فإن شركة التأمين ترسل لك بالبريد شيكاً بـ 1000 دولار. عداد المسافات في سيارتك المحطمة يسجل 58,000 ميل.

ماذا عليك أن تفعل؟ استخدم إجراء السبع خطوات المذكور في (الجدول 1.1) لتحليل حالتك. كذلك حدد أية مبادئ ترافق كل خطوة.

الحل

الخطوة 1 – عرّف المسألة

مشكلتك الأساسية هي أنك بحاجة لوسيلة مواصلات. إن تقويماً إضافياً للمسألة يؤدي إلى استبعاد السير وركوب الدراجة وكذلك ركوب حافلة النقل العام كبدائل ممكنة.

الخطوة 2 – طوّر بدائلك (نستخدم هنا المبدأ 1)

انحصرت المسألة إما في استبدال السيارة وإما في إصلاحها. قد تبدو البدائل كالتالي:

1. قم ببيع السيارة المحطمة إلى بائع الجملة مقابل 2000 دولار، وأنفق المال، إضافة إلى الـ 1000 دولار قيمة شيك التأمين و7000 دولار التـي هي كل ما لديك في حساب الادخار لاقتناء سيارة أحدث. بذلك سيكون المبلغ الإجمالي الذي أنفقته من حسابك الادخاري 7000 دولار، وستحصل على سيارة مستعملة سابقاً بمقدار 28,000 ميل.
2. أنفق الـ 1000 دولار قيمة شيك التأمين و1000 دولار أخرى من مدخراتك لإصلاح السيارة. وهكذا يكون المبلغ الإجمالي الذي تدفعه من مدخراتك 1000 دولار، وعداد المسافات في سيارتك سيسجل 58,000 ميل.

3. أنفق الـــ 1000 دولار قيمة شيك التأمين و1000 دولار أخرى من مدخراتك لإصلاح السيارة، ثم بعها بمبلغ 4,500 دولار. انفق هذا المبلغ إضافة لـــ 5,500 دولار أخرى من مدخراتك لشراء سيارة أحدث. المبلغ الإجمالي الذي تكون قد أنفقته من مدخراتك هو 6,500 دولار، وستشتري بذلك سيارة عدادها يسجل 28,000 ميل.
4. أعط السيارة لميكانيكي يعمل بوقت جزئي فيصلحها لك لقاء 1100 دولار (1000 دولار مبلغ التأمين و100 دولار من مدخراتك)، لكنه يستغرق شهراً إضافياً في إصلاحها. سيكون عليك أيضاً أن تستأجر سيارة طوال هذه المدة بقيمة 400 دولار/شهر (تدفع من مدخراتك). سيكون المبلغ الإجمالي الذي تدفعه من مدخراتك 500 دولار، وعداد المسافة سيسجل 58,000 ميل.
5. كما في البديل رقم 4، لكنك بعدئذ تبيع السيارة بمبلغ 4,500 دولار وتستخدم المال إضافة إلى 5,500 دولار أخرى تأخذها من مدخراتك لشراء سيارة أحدث. بذلك يصل المبلغ الإجمالي الذي تقتطعه من مدخراتك 6,000 دولار، وستحصل على سيارة أحدث لم تُستخدم سابقاً لأكثر من 28,000 ميل.

الافتراضات:

1. في البديلين 4 و5، لن تحتاج ورشة التصليح الأقل موثوقية لأكثر من شهر إضافي لإصلاح السيارة.
2. ستعمل كل سيارة بطريقة مقبولة (كما خطط لها أصلاً) وستسير عدد أميال إجمالياً واحداً قبل أن تباع أو يتم التخلص منها.
3. الفوائد الناتجة عن ادخار الأموال المتبقية في الادخار لا قيمة لها.

الخطـــوة 3 – قدّر التدفقات النقدية لكل بديل (يجب التزام المبدأ 2 في هذه الخطوة.)

1. يختلف البديل 1 عن كل البدائل الأخرى، لأن السيارة لن تصلح على الإطلاق وإنما ستباع فحسب، وهذا سيلغي فائدة 500 دولار التـــي تضاف على قيمة السيارة إذا ما أصلحت ثم بيعت. كذلك فإن هذا البديل لن يترك في حسابك الادخاري أي نقود. هناك تدفق نقدي مقداره 8000 دولار لاقتناء سيارة أحدث ثمنها 10,000 دولار.
2. يختلف البديل 2 عن البديل 1 من حيث إنه يتيح إصلاح السيارة القديمة. وهو يختلف عن البديلين 4 و5 لأنه يلجأ إلى خدمات إصلاح أكثر موثوقية وأغلى ثمناً (أكثر بـــ 500 دولار). وهو أخيراً يختلف عن البديلين 3 و5 من حيث إنه سيحقق الاحتفاظ بالسيارة. قيمة التدفق النقدي هو 2000 دولار، ويمكن بيع السيارة بعد إصلاحها بـــ 4500 دولار.
3. يكسب البديل 3 500 دولار إضافية عن طريق إصلاح السيارة ثم بيعها لشراء السيارة نفسها التـــي يقترحها البديل 1 التدفق النقدي هو 7,500 دولار وذلك لاقتناء سيارة الأحدث يُقدّر ثمنها بـــ 10,000 دولار.
4. يستخدم البديل 4 نفس الفكرة الواردة في البديل 2، لكنه يلجأ إلى ورشة إصلاح أرخص. والورشة التـــي يقترحها أقل موثوقية من حيث جودة منتجها، لكنها لن تكلف أكثر من 1100 دولار للإصلاح و400 دولار أخرى ثمن استئجار سيارة لمدة شهر واحد. قيمة التدفق النقدي هو 1500 دولار للاحتفاظ بالسيارة القديمة التـــي قدر ثمنها بـــ 4,500 دولار.
5. البديل 5 هو نفسه البديل 4، لكنه يكسب 500 دولار إضافية من بيع السيارة المرممة وشراء سيارة جديدة كما في البديلين 1 و3. يبلغ التدفق النقدي 7,000 دولار للحصول على سيارة أحدث يُقدّر ثمنها بـــ 10,000 دولار.

الخطوة 4 – انتق معياراً

من المهم لدى تنفيذ هذه الخطوة التقيد بوجهة نظر ثابتة (المبدأ 3) ووحدة قياس مشتركة (المبدأ 4). وجهة النظر في هذه الحالة هي وجهة نظرك أنت (مالك السيارة المعطلة).

إن قيمة السيارة بالنسبة لمالكها هي قيمتها في السوق (أي 10,000 دولار لسيارة أحدث، 4,500 دولار للسيارة التـــي أصلحت). لذا فإن الدولار يُستخدم كقيمة ثابتة يقاس بها كل شيء. هذا من شأنه رد كل القرارات إلى مستوى كمي، الأمر الذي يمكن فيما بعد مراجعته مع عوامل كيفية قد يكون لها قيمة ذاتية تقاس بالدولار (مثلاً، كم يساوي عدد الأميال المنخفض أو كم تساوي ورشة تصليح يعول عليها ؟).

الخطوة 5 – حلل البدائل وقارنها

تأكد أنك تأخذ بالحسبان في كل المعايير الوثيقة الصلة بالموضوع (المبدأ 5).

1. يُستبعد البديل 1 لأن البديل 3 يكسب نفس النتيجة إضافة إلى كونه يوفر لمالك السيارة مبلغاً إضافياً من المال قدره 500 دولار. ويجري ذلك دون أي تغير في الخطورة بالنسبة للمالك. (قيمة السيارة = 10,000 دولار، الادخار = 0، القيمة الإجمالية = 10,000 دولار).
2. البديل 2 جيد ويجب وضعه في الحسبان، لأنه يسبب إنفاق أقل قدر من السيولة النقدية، ويسمح بترك 6,000 دولار في البنك. والبديل 2 يوفر نفس النتيجة التـــي ينتهي إليها البديل 4، لكنه يكلف 500 دولار أكثر لأعمال الإصلاحات. لذا يستبعد البديل الثاني. (قيمة السيارة = 4,500 دولار، الادخار = 6,000 دولار، القيمة الإجمالية = 10,500 دولار.)
3. يُستبعد البديل 3 لأن البديل 5 يصلح السيارة أيضاً مع كلفة أقل بالنسبة للمال المسحوب من الادخار (بفارق 500 دولار)، وكلا البديلين 3 و5 لهما نفس النتيجة ألا وهي شراء سيارة أحدث. (قيمة السيارة = 10,000 دولار، الادخار = 500 دولار، القيمة الإجمالية = 10,500 دولار.)
4. البديل 4 بديل جيد لأنه يوفر 500 دولار باللجوء إلى خدمة تصليح أرخص، على أن تعد المخاطرة باستخدام أعمال تصليح متواضعة تعد قليلة. (قيمة السيارة =4,500 دولار، الادخار =6,500 دولار،القيمة الإجمالية =11,000 دولار).
5. البديل 5 يصلح السيارة بتكلفة أقل (أرخص بـــ 500 دولار) ويستبعد خطر عطل آخر يصيبها ببيعها لشخص آخر بربح إضافي مقداره 500 دولار أخرى. (قيمة السيارة = 10,000 دولار، الادخار = 1000 دولار، القيمة الإجمالية= 11,000 دولار).

الخطوة 6 – انتق أفضل البدائل

عند تنفيذ هذه الخطوة عليك أن تحدد الإبهام بجلاء (المبدأ السادس). الأمور التالية هي من بين الأمور المبهمة التـــي يمكن العثور عليها في هذه المسالة وأكثرها صلة بعملية اتخاذ القرار. في حال أصلحت السيارة واحتفظ بها، فمن الممكن أن تصبح عرضة أكثر للأعطال (وهذا ما نستنتجه من التجربة الشخصية). وإذا لجأنا إلى خدمات إصلاح أرخص، فإن فرصة حدوث أعطال فيما بعد تصبح أكبر (حسب التجربة الشخصية). وإن شراء سيارة أحدث سيستهلك معظم مدخراتك. وكذلك فإن السيارة الحديثة التـــي ستشتريها قد تكون أغلى من اللازم، نظراً للمبلغ الإضافي الذي ستدفعه (والذي يبلغ على الأقل 6,000 دولار ÷ 30,000 ميل = 20 سنتاً للميل الواحد). وأخيراً، من المحتمل أن تكون السيارة

الحديثة قد تعرضت هي الأخرى لحادث وقد يكون لها تاريخ إصلاح أسوأ من السيارة الحالية.

استناداً إلى المعلومات التـــي تم الحصول عليها من خلال الخطوات السابقة كلها، اختير *البديل* 5.

الخطوة 7– راقب أداء خيارك

تسير هذه الخطوة جنباً إلى جنب مع المبدأ 7 (عد إلى قراراتك). اتضح بعد قيادة السيارة 20,000 ميل لاختبارها أنها في منـــتهى الروعة. كان أداؤها عظيماً من حيث عـــدد الأميال التـــي تقطعها، ولم يكن هناك حاجة لأية إصلاحات. وهكذا فإن العملية المنهجية لتحديد وتحليل الحلول البديلة آتت ثمارها بحق!!

5.1 المحاســـبة ودراســـات الاقتصـــاد الهندســـي

أكدنا في الفقرة 1.1 أن المهندسين والمديرين يستخدمون مبادئ ومنهجية الاقتصاد الهندسي للمساعدة في اتخاذ القرار. وهكذا فإن دراسات الاقتصاد الهندسي توفر المعلومات المناسبة التـــي يمكن أن تستند إليها القرارات الحالية التـــي تخص العملية *المستقبلية* لمنظمة ما.

بعد اتخاذ قرار باستثمار رأسمال في مشروع ما، وبعد أن يكون المال قد وظّف، يريد أولئك الذين مولوا وأداروا رأس المال أن يعرفوا النتائج المالية. لذا توضع إجراءات حسابية ليصبح بالإمكان تسجيل وتلخيص الأحداث المالية المرتبطة بالاستثمار وتحديد كيفية *الأداء المالي*. وفي الوقت نفسه، وبالاستفادة من استخدام المعلومات المالية المناسبة، يمكن وضع ضوابط واستخدامها في المساعدة على توجيه العملية نحو الهدف المالي المنشود.

المحاسبة العامة و*محاسبة التكاليف* هما الإجراءات التـــي توفر هذه الخدمات الضرورية في منظمة أعمال. ومن ثم فإن بيانات المحاسبة معنية في المقام الأول بالأحداث المالية *الماضية والحالية*، على الرغم أنه غالباً ما تستخدم مثل هذه البيانات في وضع تصورات مستقبلية.

المحاسبة العامة هي مصدر معظم البيانات المالية السابقة التـــي نحتاجها لتقييم الظروف المالية المستقبلية. والمحاسبة كذلك مصدر بيانات للتحليلات التـــي تقيم مدى نجاح نتائج استثمار رأس المال بالمقارنة مع النتائج المتنبأ بها سابقاً في تحليلات الاقتصاد الهندسي.

محاسبة التكاليف أو محاسبة الإدارة هي فرع من فروع المحاسبة التـــي لها أهمية بالغة بسبب اهتمامها الخاص باتخاذ القرار والتحكم في مؤسسة ما. لذا فإنها مصدر بعض بيانات التكلفة التـــي نحتاجها في دراسات الاقتصاد الهندسي. يمكن لمحاسبة التكاليف الحديثة أن تحقق كل الأغراض التالية، أو أحدها:

1. تحديد تكلفة المنتجات أو الخدمات.
2. توفير أرضية منطقية لتسعير السلع أو الخدمات.
3. توفير وسائل لضبط الإنفاق.
4. توفير معلومات يمكن أن تستند إليها القرارات التشغيلية وأن تقيم بموجبها النتائج.

وعلى الرغم من بساطة الأهداف الأساسية لمحاسبة التكاليف، فإن التحديد الدقيق للتكاليف ليس بنفس القدر من البساطة. ولهذا فإن بعض الإجراءات المتبعة لا تعدو كونها أعرافاً أو عادات اعتباطية تجعل بالإمكان الحصول على تكلفة دقيقة بدرجة معقولة في بعض الحالات، ولكن المعلومات تكون في حالات أخرى عديدة عامة ومحرفة إلى حد يصبح من

الصعب معه أن تخدم التخطيط الإداري وقرارات التوجيه.

عولجت بعض نقاط الضعف في تقنيات محاسبة التكاليف التقليدية بواسطة منهجية حديثة نسبياً تعرف باسم *المحاسبة القائمة على العملية* activity-based accounting. الهدف من هذه المنهجية إنتاج معلومات أدق حول التكلفة وتوفيرها في الوقت المناسب. يكون ذلك في الدرجة الأولى عن طريق: (1) اقتفاء متأنٍ لأثر التكاليف العامة للوصول إلى النشاطات المسببة لها، و(2) توزيع تكاليف التكنولوجيا بكيفية منصفة على طولِ دورةِ حياة المنتج. ولما كانت التكاليف العامة والتكنولوجيا هي السبب في حوالي 60% من تكلفة المنتج الإجمالية في العديد من الصناعات، فإن تحسين تقديم التقارير عن التكاليف والسيطرة عليها أصبح ممكناً بتتبع أثر هذين المكونين الأساسيين للتكلفة إلى أن نصل إلى الفعاليات ومن ثم إلى المنتجات التـــي تؤدي حقيقة إليهما.

إن فهماً وافياً لأسباب ودلالات بيانات المحاسبة ضروري للتمكن من تفسير تلك البيانات بغية استخدامها في دراسات الاقتصاد الهندسي. لذا، يجد القارئ في الملحق A بحثاً موجزاً في المحاسبة، ومن ضمن ذلك المحاسبة القائمة على العمليات.

6.1 نظــرة شاملة إلـــى الكتـــاب

نظمت محتويات الكتاب في ثلاثة أجزاء، وقد وزعت الفصول بتسلسل منطقي كي تتلاءم ومتطلبات تعليم وتطبيق مبادئ ومنهجية الاقتصاد الهندسي على حد سواء. أجزاء الكتاب الثلاثة والفصول التـــي يحتويها كل جزء هي التالية:

1. الجزء الأول: أسس الاقتصاد الهندسي (الفصول 3.1)
2. الجزء الثانـــي: المواضيع الأساسية في الاقتصاد الهندسي (الفصول 10.4)
3. الجزء الثالث: مواضيع إضافية في الاقتصاد الهندسي (الفصول 15.11)

عرضنا في هذا الفصل المفاهيم الأساسية للاقتصاد الهندسي في سبعة مبادئ أساسية. عمدنا بعد ذلك إلى مناقشة الخطوات التـــي ينطوي عليها التحليل الاقتصادي الهندسي وربطنا إجراء التحليل بعملية التصميم الهندسي. كما أننا ناقشنا السطح البينـــي بين المحاسبة والهندسة الاقتصادية. وهكذا فإننا قد أرسينا القاعدة الأساسية للموضوع في الفصل 1.

سنعرض في الفصل 2 بعض مفاهيم التكلفة المنتقاة والهامة المتعلقة بدراسات الاقتصاد الهندسي. سنركز بوجه خاص على المبادئ الاقتصادية في التصميم الهندسي. كما سنناقش تطبيق مفاهيم تكلفة دورة الحياة life cycle cost concepts، ومن ذلك تحليل نقطة التعادل (عتبة الربح) break-even analysis والدراسات الاقتصادية الحالية present economy studies.

يركز الفصل 3 على مفاهيم صلات الوقت بالمال والتكافؤ الاقتصادي. وسنبحث بوجه خاص في قيمة الوقت بالنسبة للمال في تقويم الدخول والتكاليف المستقبلية المرتبطة بالاستخدامات البديلة للمال. ثم سنوضح في الفصل 4 الطرائق المستخدمة على نطاق واسع في تحليل النتائج الاقتصادية لبديل ما وربحيّته. هذه الطرائق واستخدامها الدقيق في مقارنة البدائل هي المواضيع الأساسية التـــي يتناولها الفصل 5 الذي يتضمن أيضاً بحثاً يتناول المدة المناسبة لدراسة ما. وهكذا فإن الفصول 3 و4 و5 تطوّر معاً جزءاً هاماً من المنهجية اللازمة لفهم باقي أجزاء الكتاب ولإجراء دراسات اقتصاد هندسي على أساس ما قبل الضريبة before- tax basis.

نقوم في الفصل 6 بشرح التقنيات الإضافية المطلوبة للقيام بدراسات الاقتصاد الهندسي على أساس ما بعد الضريبة

after-tax basis. تُجرى معظم دراسات الاقتصاد الهندسي في القطاع الخاص على أساس ما بعد الضريبة. لذا فإن الفصل 6 يضاف إلى الجزء الأساسي من المنهجية التـي طورناها في الفصول 3 و4 و5. وقد خُصِّص جزء من الفصل 6 للاهتلاك (تناقص القيمة) depreciation وفق نظام استرداد الكلفة المسرع والمعدل Modified Accelerated Cost Recovery System المرخص بموجب قانون التصحيح الضريبـي لعام 1986. لكننا نبحث أيضاً في التقنيات المطبقة على الأصول المكتسبة قبل تاريخ دخول القانون موضع التنفيذ. وبالمثل، يتناول الجزء المتبقي من الفصل 6، إجراء تحاليل ما بعد الضريبة.

يتناول الفصل 7 مسألة حساسة ألا وهي كيفية تقدير النتائج المستقبلية المرتبطة بكل بديل ممكن. تشكل العملية المرتبطة بهذه الخطوة في تحليل الاقتصاد الهندسي مظهراً أساسياً من مظاهر التطبيق والممارسة. يجد القارئ تقديرات التكلفة في الفصل 7 بدلاً من فصول سابقة حتـى يصبح بالإمكان بحث المنهجية الأساسية المتبعة في مقارنة البدائل على أساسي ما قبل وما بعد الضريبة بحثاً متكاملاً. لذا فقد أولينا في الفصل السابع هذا مواضيع الإيرادات المقدرة والتكاليف ومعلومات أخرى عناية فائقة.

أفرد الفصل 8 لبحث مواضيع آثار التضخم (أو التراجع) وتبدل الأسعار وأسعار الصرف. وقد نوقشت مفاهيم التعامل مع تبدل الأسعار وسعر الصرف في دراسة الاقتصاد الهندسي بطريقة واقعية وشمولية في آن معاً، وذلك من وجهة نظر تطبيقية.

غالباً ما يكون على المنظمة تحليل مسألة وجوب الاستمرار في الأصول الموجودة أو استبدالها بأصول جديدة لسدّ الحاجات الحالية والمستقبلية. نطرح في الفصل 9 ونناقش تقنيات معالجة هذه المسألة. ولما كان استبدال الأصول يحتاج لرأس مال كبير، فإن القرارات التـي تتخذ في هذا الصدد تكون هامة وتتطلب عناية فائقة.

يعد القلق فيما يتعلق بالشك (لا تأكدية) uncertainty والمخاطرة risk حقيقة واقعة في الممارسة الهندسية. ندرس في الفصل 10 أثر التغير الكامن بين النتائج الاقتصادية المقدرة لبديل ما وتلك التـي يمكن أن تقع، حيث تعرض في هذا الفصل وتوضح عدداً من التقنيات غير الاحتمالية nonprobabilistic لتحليل نتائج عدم اليقين في التقديرات المستقبلية للإيرادات والتكاليف.

في الجزء الثالث، خُصِّص الفصل 11 لتحليل المشاريع العامة باستخدام طريقة مقارنة نسبة المنفعة إلى التكلفة benefit-cost-ratio. هذه الطريقة التـي تستخدم على نطاق واسع في تقويم البدائل وجدت حافزاً لها عبر قانون التحكم بالفيضانات Flood Control Act الذي أقره الكونغرس الأمريكي عام 1936.

تكوّن المرافق العامة المرخصة ذات الملكية الخاصة جزءاً هاماً من الاقتصاد الأمريكي. يبحث الفصل 12 في الخصائص الفريدة لهذه المؤسسات وفي طريقة متطلبات العوائد (الإيرادات) revenue requirements في إنجاز دراسات الاقتصاد الهندسي المتعلقة بعمليات تلك المؤسسات. يتضمن الفصل 13 شرحاً للتقنية الاحتمالية المتبعة في تحليل نتائج عدم اليقين فيما يختص بتقديرات التدفق النقدي المستقبلية، إضافة إلى عوامل أخرى. كما يتضمن الفصل 13 مفاهيم احتمال متقطعة ومستمرة، وتقنيات مونت كارلو في المحاكاة.

يُعنـى الفصل 14 بالتعريف الصحيح لجميع مشاريع المنظمة وتحليلها، كما يعنـي بالاحتياجات الأخرى لرأس المال في المنظمة. وطبقاً لذلك هناك شرح لعمليات تمويل وتوزيع رأس المال بما يسدّ تلك الحاجات. تؤدي هذه العملية دوراً

حاسماً في ازدهار المنظمة، حيث إنها تؤثر على معظم النتائج التشغيلية، سواء من حيث جودة المنتج الحالي وفاعلية الخدمة، أو من حيث القدرة التنافسية البعيدة المدى في الأسواق العالمية. وأخيراً يبحث الفصل 15 عدة طرق مختبرة زمنياً - time tested methods لإدخال خصائص غير اقتصادية في دراسات الاقتصاد الهندسي.

7.1 مسائل

يشير العدد الوارد في نهاية كل مسألة إلى رقم الفقرة (أو الفقرات) التـــي يحويها الفصل والذي هو أقرب صلة بتلك المسألة.

1.1 ضع لائحة تتضمن عشر حالات نموذجية في عمل منظمة ما، يساعد فيها تحليل الاقتصاد الهندسي بصفة ملموسة في اتخاذ القرار. يمكنك افتراض نوع معين من المنظمات (مثلا مؤسسة صناعية، مركز رعاية صحية، شركة نقل، وكالة حكومية)، إذا كان هذا يساعد في تطوير إجابتك (ضع أية افتراضات). (1.1)

2.1 اشرح لماذا يعد موضوع الاقتصاد الهندسي هاماً للمهندس الممارس. (1.1 – 4.1)

3.1 افترض أنك تعمل في مؤسسة صناعية تنتج عدداً من المنتجات الاستهلاكية الإلكترونية المختلفة. اذكر خمسة عوامل (خصائص) يمكن أن تكون هامة عند التخطيط للقيام بتغييرات جوهرية في تصميم أكثر السلع مبيعاً في الوقت الحاضر. (3.1، 4.1)

4.1 هل يزيد الاستخدام المتزايد للأتمتة من أهمية دراسات الاقتصاد الهندسي؟ علل إذا كان الجواب إيجاباً أو سلباً.

5.1 اشرح معنـــى المقولة التالية: "الخيار (القرار) هو من ضمن البدائل". (3.1)

6.1 صف النتائج التـــي يجب توقعها من بديل ممكن التحقيق feasible. ما هو الفرق بين البدائل الكامنة potential والبدائل الممكنة؟ (3.1)

7.1 عرف عدم اليقين (الشك). ما هي بعض الأسباب الأساسية لعدم اليقين في دراسات الاقتصاد الهندسي؟ (3.1)

8.1 ناقشت مع زميل لك في قسم الهندسة أهمية التعريف الواضح لوجهة النظر (المنظور) التـــي يجب أن تتطور بواسطتها النتائج المستقبلية لعمل ما يخضع للتحليل. اشرح ما تعنيه بكلمة وجهة نظر أو منظور. (3.1)

9.1 كنت منذ عامين عضواً في فريق مشروع كان يدرس فيما إذا كان على الشركة التـــي تعمل فيها أن تحدث upgrade بعض الأبنية والمعدات والمنشآت المرتبطة بها لدعم عملية التوسع في الشركة. حلل فريق المشروع ثلاثة بدائل ممكنة، أحدها لا يدخل أي تعديل على المنشآت، والاثنان الآخران ينصان على إجراء تغييرات ملموسة على المنشآت. الآن قد اختاروك لتقود فريق تقييم لاحق. صف خطتك الفنية لمقارنة النتائج المقدرة (المطورة منذ عامين) والناتجة عن تطبيق البديل المنتقى مع النتائج التـــي تحققت فعلاً. (3.1، 4.1)

10.1 اشرح كيف يمكن، في تحليل الاقتصاد الهندسي، عد الحالات المختلفة التالية بدلالة الوحدة النقدية: (3.1)

آ. تتمتع قطعة معدات اعتبرت بديلاً لمادة موجودة بموثوقية أكبر، أي إن الزمن الوسطي الفاصل بين الأعطال Mean Time Between Failures (MTBF) خلال مدد تشغيل القطعة الجديدة قد ازداد بنسبة 40% بالمقارنة مع المادة الحالية.

ب. تصنع إحدى الشركات للسوق المحلي مفروشات فناء معدنية مزخرفة. وتقوم الشركة بدراسة إدخال تعديلات على المواد وعلى معالجة المعدن المستخدم من شأنها زيادة تكاليف التصنيع، وذلك بغية التخفيف من مشكلة الصدأ

16.1 *مشكلة ذهنية عسيرة.* اشترت صديقة لك بمبلغ 100,000 دولار عمارة صغيرة فيها شقق سكنية، تقع في بلدة جامعية. أنفقت 10,000 دولار من مالها الخاص لشراء المبنـــى وحصلت على قرض عقاري من مصرف محلي بالمبلغ المتبقي وقدره 90,000 دولار. يبلغ القسط ***السنوي*** للقرض العقاري 10,500 دولار. تتوقع صديقتك أيضاً أن تبلغ التكلفة السنوية لصيانة المبنـــى والأرض المحيطة به 15,000 دولار. يحتوي المبنـــى على أربع شقق (يتألف كل منها من غرفتـــي نوم) ويمكن تأجير كل شقة منها بـــ 360 دولار شهرياً.

ارجع إلى الإجراء ذي الخطوات – السبع الوارد في (الجدول 1.1) (الجانب الأيمن من الجدول) للإجابة على الأسئلة التالية:

آ. هل تواجه صديقتك مشكلة ما؟ إذا كان الجواب بالإيجاب، فما هي هذه المشكلة.

ب. ما هي بدائلها (حدد على الأقل ثلاثة بدائل)؟

ج. قدر النتائج الاقتصادية والبيانات الأخرى المطلوبة للبدائل الواردة في ب.

د. انتق معياراً لتمييز البدائل، واستخدمه كي تنصح صديقتك أي طريق تتبع.

هـــ. حاول تحليل ومقارنة البدائل على ضوء معيار واحد على الأقل إضافة لمعيار التكلفة.

و. ما الذي يجب على صديقتك أن تفعله استناداً إلى المعلومات التـــي ولّدها كل منكما.

ز. طوّر خطة كي تتبعها صديقتك في تقويم مدى جودة القرار الذي اتخذته (وذلك بعد اتخاذها للقرار). ربما لم تتبع نصيحتك. كن خلاقاً في الجزء ز.

17.1 *تمرين للفريق داخل الصف.* قسّم صفك إلى مجموعات يتألف كل منها من أربعة أشخاص. امض خمس عشرة دقيقة في عصف الدماغ بمواضيع *أخلاقية* قد تنشأ أثناء إجراء دراسة في الاقتصاد الهندسي. دع كل مجموعة تقدم أمام الصف كله ملخصاً مدته دقيقتان عمّا اكتشفته.

مفاهيم التكلفة واقتصاديات التصميم

أهداف الفصل الثانـي هي التالية: (1) شرح بعض المصطلحات والمفاهيم الأساسية للتكلفة الواردة في هذا الكتاب، و(2) تبيان كيفية وجوب استخدامها في تحليل الاقتصاد الهندسي وفي اتخاذ القرار.

نبحث في هذا الفصل المواضيع التالية:

تقدير التكلفة

التكاليف الثابتة والمتغيرة والمتزايدة

التكاليف المتكررة والتكاليف غير المتكررة nonrecurring costs

التكاليف المباشرة وغير المباشرة والأعباء المالية overhead costs

التكلفة النقدية والتكلفة الدفترية book cost

تكلفة الإغراق وتكلفة الفرصة البديلة (التكلفة الضمنية) opportunity costs

تكلفة دورة الحياة life-cycle

البيئة الاقتصادية العامة

علاقة السعر بالطلب

تابع الإيرادات الإجمالية

علاقات نقطة التعادل (تساوي الدخل والتكلفة، أو عتبة الربح) breakeven point relationships

زيادة الربح إلى الحد الأقصى/تخفيض التكلفة إلى الحد الأدنـى

أمثلة التصميم المحكوم بالتكلفة cost-driven design optimization

الدراسات الاقتصادية الحالية

1.2 مقدمة

يعتمد التصميم الذي يهدف إلى سدّ حاجة المتطلبات الاقتصادية وتحقيق عمليات تنافسية في مؤسسات القطاعين الخاص والعام على موازنة حذرة بين ما هو ممكن تقنياً وما هو مقبول اقتصادياً. ومن سوء الحظ عدم توفر طريقة مختصرة للوصول إلى التوازن بين الإمكانية التقنية والإمكانية الاقتصادية. لذا كان لا بد من استخدام وسائل تحليل الاقتصاد الهندسي لإتاحة نتائج تساعد في التوصل إلى توازن مقبول.

يختلف معنـى كلمة "تكلفة" (أو نفقة) بحسب السياق الذي تستخدم فيه[1]. تعتمد المفاهيم والمبادئ الاقتصادية الأخرى المستخدمة في دراسة الاقتصاد الهندسي على المسألة التـي تطرحها الحالة وعلى القرار الواجب اتخاذه. وبناء على

[1] نستخدم هنا ولأغراض الكتاب كلمتـي "*تكلفة*" و"*نفقة*" بشكل متبادل، أي إن للمفردتين هنا معنـى متبادلاً.

ذلك فإن للفصل الثانـي الذي يدمج مفاهيم التكاليف ومبادئ الاقتصاد الهندسي واعتبارات التصميم أهمية خاصة لأنه يهيئ للتطبيقات الواردة في فصول لاحقة من الكتاب.

2.2 تقدير التكلفة ومصطلحات التكلفة

إن أصعب الأجزاء في دراسة الاقتصاد الهندسي وأكثرها تكلفة واستهلاكاً للوقت غالباً ما يكون ذاك المتعلق بتقدير التكاليف والإيرادات والأعمار المفيدة والقيم المتبقية وبيانات أخرى تتعلق بتصميم البدائل المدروسة. سنقوم في هذه الفقرة بالتعريف بإيجاز بدور تقدير التكلفة في العمل الهندسي. (يمكن للقارئ الذي يبدي اهتماماً بالموضوع الرجوع إلى الفصل 7 حيث يجد المزيد من التفاصيل عنه). وكذلك فإننا سنقدم تعاريف وأمثلة عن بعض المفاهيم الهامة للتكلفة، كما سنؤكد مجدداً أهمية البعد الاقتصادي في التصميم الهندسي.

1.2.2 تقدير التكلفة

غالباً ما يستخدم تعبير "تقدير التكلفة" لوصف العملية التـي يجري بموجبها التنبؤ بالنتائج الحالية والمستقبلية لتكاليف التصميمات الهندسية. تكمن صعوبة التقدير الأساسية للتحليلات الاقتصادية في كون معظم المشاريع المستقبلية فريدة من نوعها نسبياً، أي إنه لم تبذل سابقاً جهود تصميمية مماثلة لسدّ حاجة المتطلبات الوظيفية والقيود الاقتصادية عينها. لذلك فإنه غالباً ما لا تتوفر بيانات دقيقة سابقة يمكن استخدامها في تقدير التكاليف والأرباح تقديراً مباشراً، دون إدخال تعديلات جذرية عليها. بيد أنه من الممكن تطوير معطيات بناء على بعض نتائج تصميم سابق، تكون ذات صلة بالمعطيات المراد تقديرها، وأن تعدل بناء على مقتضيات التصميم وعلى الظروف المستقبلية المتوقعة.

وحيثما يجرى إعداد تحليل اقتصاد هندسي لمصلحة استثمار ضخم لرأس المال، فإن الجهد المبذول في تقدير التكلفة لا بد أن يكون جزءاً لا يتجزأ من عملية التخطيط والتصميم الشاملة التـي لا تتطلب المشاركة الفعالة للمصممين الهندسيين فحسب، وإنما أيضاً المشاركة الفعالة لأشخاص يعملون في مجال التسويق والتصنيع والمالية وفي الإدارة العليا. وتستخدم نتائج تقديرات التكلفة لأهداف متنوعة منها:

1. توفير معلومات تستخدم في تحديد سعر البيع للعطاءات والمناقصات.
2. تحديد إمكان تصنيع وتوزيع السلعة المطروحة بربح ما (للتبسيط، السعر = التكلفة + الربح).
3. تحديد كمية رأس المال المبررة لإدخال تغييرات على العملية أو أية تحسينات أخرى
4. إقامة علامات إسناد لبرامج تحسين الإنتاجية.

هناك طريقتان أساسيتان تستخدمان في تقدير التكلفة: طريقة "من الأعلى إلى الأسفل" وطريقة "من الأسفل إلى الأعلى". أما طريقة "من الأعلى إلى الأسفل" فهي تستخدم في المقام الأول معطيات تاريخية مستقاة من مشاريع هندسية مشابهة وذلك لتقدير التكلفة والإيرادات ومعطيات أخرى، والاستفادة منها في المشروع الحالي عن طريق تعديلها بحسب التغييرات في التضخم، أو الانكماش، وفي مستوى العملية، والثقل، واستهلاك الطاقة، والحجم، وعوامل أخرى. يستحسن استخدام هذه الطريقة في المراحل الأولى من عملية تقدير التكلفة، أي عندما تكون البدائل في طور التطوير والتنقيح.

أما طريقة "من الأسفل إلى الأعلى" فهي طريقة أكثر تفصيلاً في عملية تقدير التكلفة. وهي تحاول تجزئة المشروع إلى وحدات صغيرة تسهل إدارتها، ومن ثم تقدير نتائجها الاقتصادية. تضاف تكاليف الوحدة الصغيرة هذه مجتمعة إلى أنواع

أخرى من التكاليف للحصول على تقدير إجمالي للتكلفة. عادة ما تعطي هذه الطريقة نتائج أفضل بعد تحديد وتوضيح تفاصيل المنتج المطلوب (سلعة كان أم خدمة).

المثال 2-1

نجد مثالاً بسيطاً عن تقدير التكلفة في التكهن بالنفقات المترتبة على الحصول على بكالوريوس في العلوم من الجامعة التي تنتسب إليها. يتضمن الحل الذي نقترحه لتقدير تلك التكاليف تركيزاً على الطريقتين اللتين سبق شرحهما آنفاً.

الحل:

تقوم طريقة التقدير "من الأعلى إلى الأسفل" على اعتبار التكلفة المعلنة لدراسة مدتها أربع سنوات في الجامعة نفسها (أو في جامعة مماثلة) ومن ثم تعديلها بحسب التضخم والنفقات أو العوامل الإضافية التي يمكن أن تستجد على طالب محدث كالانتساب إلى نوادي الأخوة أو نوادي الفتيات، والمنح الدراسية والدروس الخصوصية. لنفترض على سبيل المثال أن التكلفة المعلنة للانتساب إلى جامعتك هي 15,750 دولار للعام الحالي. يتوقع تزايد هذا المبلغ سنوياً بمعدل 6% ويشمل الرسوم والأجور كاملة، إضافة إلى السكن الجامعي وإلى وجبات أسبوعية. لكنها لا تشمل تكاليف الكتب والتجهيزات ونفقات شخصية أخرى. نعتبر مبدئياً أن هذه "النفقات الأخرى" تبقى مستقرة ونقدرها بـ 5000 دولار سنوياً.

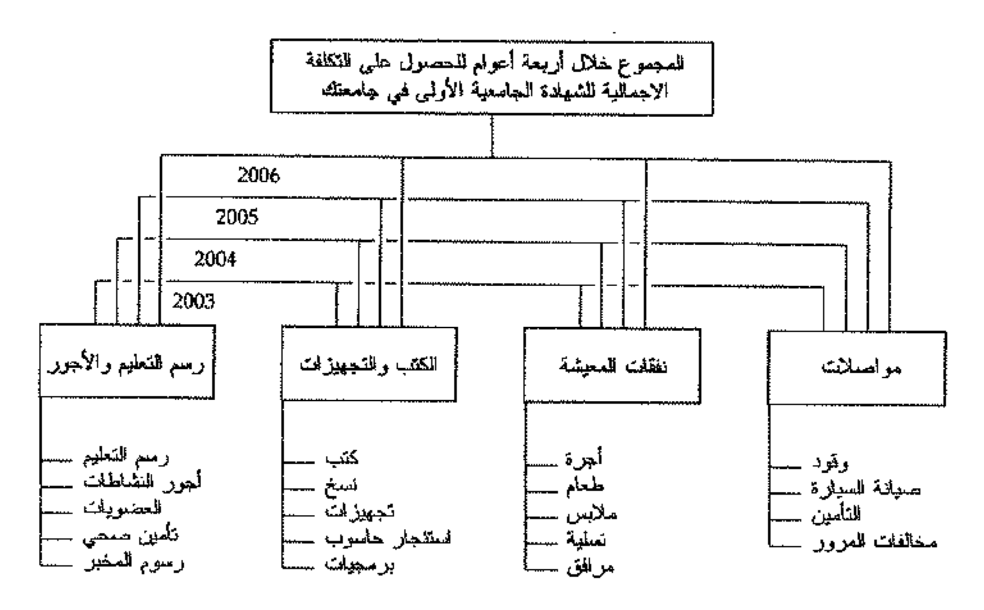
يمكن الآن حساب التكلفة التقديرية لأربع سنوات دراسية. نحتاج فقط وبكل بساطة لتعديل التكلفة المعلنة كل عام بحسب التضخم، ولإضافة تكلفة "النفقات الأخرى" إليها.

العام	رسم التعليم، الأقساط، الغرفة والإقامة	تكاليف أخرى	التكلفة الإجمالية التقديرية للعام
1	$15,750 × 1.06 = 16,595 $	$5,000	21,695
2	16,695 × 1.06 = 17,697	5,000	22,697
3	17,697 × 1.06 = 18,759	5,000	23,759
4	18,759 × 1.06 = 19,885	5,000	24,885
		الإجمالي الكلي	$93,036

وعلى عكس طريقة "من الأعلى إلى الأسفل"، تقوم طريقة "من الأسفل إلى الأعلى" في حساب نفس التكلفة التقديرية أولاً على تجزئة التكاليف التقديرية إلى الفئات النموذجية الموضحة في (الشكل 1.2) وذلك لكل عام من أعوام الدراسة الجامعية الأربعة. يمكن تقدير رسوم التعليم والأقساط السنوية بأسلوب هو أقرب إلى الدقة، وكذلك الأمر فيما يتعلق بالكتب والتجهيزات. لنفترض على سبيل المثال أن المعدل الوسطي لتكلفة الكتاب الجامعي 80 دولار. يمكن تقدير تكلفة الكتب الجامعية سنوياً ببساطة بضرب وسطي تكلفة الكتاب الواحد بعدد المقررات المزمع التسجيل بها. لنفترض مثلاً أنك تزمع التسجيل بخمس مقررات في كل فصل من فصول العام الدراسي الأول. ستكون عندئذ التكاليف التقديرية لكتبك الجامعية كالتالي:

(5 مقررات في الفصل) × (2 فصلان دراسيان) × (1 كتاب واحد لكل مقرر) × ($80 لكل كتاب) = $800

ربما تعتمد فئتا تكاليف المعيشة والتنقل على نمطك المعيشي. فقد تملك مثلاً وتقود سيارة خاصة وتعيش في شقة خاصة خارج الحرم الجامعي، فهذا يؤثر بدرجة كبيرة على التكاليف التقديرية خلال الأعوام التي تمضيها في الجامعة. تبحث إجراءات وتقنيات تقدير التكلفة بتوسّع في الفصل 7.



الشكل 1.2: طريقة "من الأسفل إلى الأعلى" لتحديد تكلفة التعليم في جامعة ما.

2.2.2 التكاليف الثابتة والتكاليف المتغيرة والتكاليف المتزايدة

التكاليف الثابتة هي التكاليف التـــي لا تتأثر بالتغييرات على مستوى الفعالية عبر مجال من العمليات الممكنة بالنسبة للقدرات أو الإمكانات المتوفرة. وتتضمن التكاليف الثابتة النموذجية التأمين والضرائب المفروضة على المنشآت، ورواتب الإدارة العامة والرواتب الإدارية ورسوم الترخيص وتكاليف الفائدة على رأس المال المقترض.

وأياً كانت التكلفة فهي عرضة بطبيعة الحال للتغيير. لكن التكاليف الثابتة تجنح لأن تظل ثابتة على مدى مجموعة محددة من ظروف التشغيل. تتأثر التكاليف الثابتة حتماً عندما تطرأ تغييرات واسعة على استخدام المصادر، أو عندما تخضع المنشأة للتوسع أو الإغلاق.

التكاليف المتغيرة هي التكاليف المرتبطة بعملية تتغير كلياً مع كمية المخرجات أو مقاييس أخرى لمستوى الفعالية. إذا كنت تقوم بتحليل اقتصاد هندسي لتغيير مقترح في عملية قائمة، تكون التكاليف المتغيرة هي الجزء الأساسي من الاختلافات المتوقعة بين العملية القائمة والعملية المتغيرة، ما دام مجال الفعاليات لم يطرأ عليه تغير جوهري. فمثلاً تعد تكاليف المواد واليد العاملة المستخدمة في منتج ما أو في خدمة تكاليف متحولة، لأنها تتبدل كلياً بحسب عدد الوحدات المخرجة، وإن لم تتغير تكاليف الوحدة.

التكاليف المتزايدة (أو *العائدات المتزايدة*) هي التكاليف (أو العائدات) الإضافية الناتجة عن تزايد مخرجات النظام بمعدل وحدة واحدة أو أكثر. وغالباً ما ترتبط التكاليف المتزايدة بقرارات الإقدام والإحجام "go-no go" decisions التـــي تنطوي على تغيرات محددة على مستوى المخرجات أو مستوى الفعالية. فمثلاً يمكن أن تكون التكلفة المتزايدة لقيادة سيارة $0.27 في الميل الواحد، لكن هذه التكلفة تعتمد على اعتبارات عدة كالمسافة الإجمالية التـــي قطعتها السيارة في العام (مجال العمل الطبيعي)، وعدد الأميال التـــي يتوقع قطعها خلال الرحلة الرئيسية التالية، وعمر السيارة. كذلك فإننا غالباً ما نقرأ عن "التكلفة المتزايدة لإنتاج برميل من البترول" و"التكلفة المتزايدة المترتبة على الدولة لتعليم التلميذ". من الصعوبة بمكان ،كما هو واضح من هذه الأمثلة، تحديد التكاليف (أو العائدات) المتزايدة.

المثال 2-2

للمتعهد – الذي التزم بتعبيد طريق عام جديد – الخيار بيـــن موقعين لنصب معدات جبل الإسفلت. يقدر المتعهد أن كلفة نقل مواد الرصف (الإسفلت) بالعربات من معمل الجبل إلى موقع العمل ستكون 1.15 دولار في الياردة المكعبة للميل الواحد. العوامل المتعلقة بموقعي الجبل هي كالتالي (تكاليف الإنتاج في الموقعين واحدة):

عوامل التكلفة	الموقع A	الموقع B
وسطي مسافة النقل (ميل)	6	4.3
أجرة الموقع الشهرية (دولار)	1,000	5,000
تكلفة نصب وإزالة المعدات (دولار)	15,000	25,000
تكلفة النقل (دولار/ يارد^3 – ميل)	1.15	1.15
حامل الراية (دولار/يوم)	لا موجب له	96

يتطلب العمل 50,000 ياردة مكعبة من مواد خليط الإسفلت للتعبيد. ويقدر زمن الإنجاز اللازم بأربعة أشهر (أي ما يعادل 17 أسبوعاً يتألف كل منها من خمسة أيام عمل). قارن الموقعين من حيث التكاليف الثابتة والمتغيرة والإجمالية. افترض أن تكلفة رحلة العودة لا تذكر. أي الموقعين أفضل؟ وفيما يتعلق بالموقع المنتقى، كم ياردة مكعبة من مواد التعبيد على المتعهد أن يسلمها قبل البدء بجنـــي الأرباح إن هو تقاضى 8.05 دولار على كل ياردة مكعبة تسلم إلى موقع العمل؟

الحل:

يُظهر الجدول التالي تكاليف هذا العمل الثابتة والمتغيرة. ستكون تكاليف أجرة الموقع وتركيب وفك التجهيزات (وكذلك تكاليف حامل الراية في الموقعB) ثابتة لمحمل العمل، لكن تكلفة النقل الإجمالية ستتغير بحسب المسافة، ومن ثم بحسب كمية الخرج الإجمالية مقدرة باليارد^3 – ميل.

التكلفة	ثابتة	متغيرة	الموقع A	الموقع B
الأجرة	×		4,000	20,000
التركيب والإزالة	×		15,000	25,000
حامل الراية	×		0	5(17)($96) = 8,160
النقل		×	6(50,000)($1.15) = 345,000	4.3 (50,000)($1.15) = 247,250
الإجمالي			$364,000	$300,410

وهكذا فإن الموقع B الذي له أعلى تكلفة ثابتة، له أيضاً أقل تكلفة إجمالية لإنجاز العمل. لاحظ أن النفقات الثابتة الإضافية للموقع B هي عبارة عن مبادلة trade-off بنفقات متغيرة منخفضة في هذا الموقع.

يبدأ المتعهد بجنـــي الأرباح عندما يتساوى الإيراد الكلي والتكاليف الإجمالية بدلالة الياردة المكعبة من خليط الرصف الإسفلتـــي المورد. لدينا بالاستناد إلى الموقع B:

بكلفة متغيرة للياردة المكعبة المسلّمة $4.3\ (\$1.15) = \$4.945$

الإيراد الإجمالي = التكلفة الإجمالية

$$\$53,160 + 4.945\,x = \$8.05\,x$$

$x = 17.121$ (ياردة مكعبة مسلّمة)

وهكذا فإن المتعهد باستخدامه الموقع B سيبدأ بجنـــي الأرباح من المشروع بعد قيامه بتسليم 17,121 ياردة مكعبة من العمل المنجز.

المثال 3-2

عزم أربعة طلاب جامعيين يقطنون المنطقة الجغرافية نفسها علـــى العودة إلى منازلهم لقضاء عطلة عيد الميلاد (ليقطعوا بذلك مسافة 400 ميل ذهاباً ومثلها إياباً). لدى أحد الطلبة سيارة، وقد وافق على أن يقل الثلاثة الآخرين إن هم شاركوا في مصاريف تشغيل السيارة أثناء الرحلة. عندما عادوا من الرحلة، قدم المالك لكل منهم فاتورة بقيمة 102.4 دولار مؤكداً أنه احتفظ بسجلات دقيقة عن تكاليف تشغيل السيارة، وأنها تكلف بالميل الواحد 0.384 دولار، قياساً على معدل سنوي مقداره 15,000 ميل. شعر الثلاثة الآخرون أن التكلفة باهظة وطلبوا رؤية أرقام التكاليف التـــي اعتمد عليها زميلهم، فأراهم المالك القائمة التالية:

عنصر التكلفة	التكلفة بالميل الواحد (دولار)
البنـــزين	0.120
الزيت والتشحيم	0.021
العجلات	0.027
الاهتلاك	0.150
تأمين وضرائب	0.024
إصلاحات	0.030
مرآب	0.012
المجموع	0.384

بعد التفكير في هذا الوضع، توصل الركاب الثلاثة إلى رأي مفاده أن تكاليف البنـــزين والزيت والتشحيم والإطارات والإصلاحات وحدها مرتبطة بالمسافة المقطوعة (التكاليف المتغيرة) وأنها يمكن أن تنجم عن الرحلة. ولأن مجموع هذه التكاليف الأربعة يبلغ 0.198 دولار في الميل الواحد، فإن المبلغ هو 158.40 دولار لمسافة الـــ 800 ميل المقطوعة ذهاباً وإياباً، وتكون حصة كل منهم لا تتعدى 3/158.40 = 52.80 دولار. من الواضح أن هناك تبايناً كبيراً في الآراء المتعارضة. فأي منهما هو الصحيح؟ وما هي نتائج الرأيين المختلفين في هذه المسألة، وما هو المعيار الواجب التزامه به عند اتخاذ القرار؟

الحل:

لنفترض في هذا المثال أن مالك السيارة وافق على قبول مبلغ 52.80 دولار عن كل واحد من الركاب الثلاثة، استناداً إلى التكاليف المتغيرة والتـــي هي تكاليف متزايدة في رحلة عيد الميلاد، مقابل المسافة التـــي يقطعها المالك سنوياً. أي إن مبلغ 52.80 دولار للشخص الواحد هو التكلفة "مع الرحلة" بالنسبة لبديل التكلفة "من دون الرحلة".

الآن، ما الذي سيكون عليه الحال لو أن الطلاب الثلاثة عادوا وعرضوا، بسبب قلة التكلفة، القيام في عطلة نهاية الأسبوع التالي برحلة أخرى لمسافة 800 ميل؟ وماذا لو كان هناك عدة رحلات أخرى مماثلة في عطل نهايات أسبوع متلاحقة؟ من الواضح أن التغييرات التـــي طرأت على ظروف التشغيل والتـــي بدأت طفيفة وهامشية (ومؤقتة) – من 15,000 ميل في العام إلى 15,800 ميل – ستغدو قريباً ظروف تشغيل طبيعية تبلغ 18,000 أو 20,000 ميل سنوياً. على

هذا الأساس، لا يصبح من الممكن حساب التكلفة الإضافية بالميل الواحد على أنها 0.198 دولار.

ولأن مدى التشغيل الطبيعي قد يتغير، فإنه لا بد وأن يعاد النظر في التكاليف الثابتة. يمكن الحصول على تكاليف متزايدة أصح عن طريق حساب التكلفة السنوية الكلية في حال قيادة السيارة، ولنقل لمسافة 18,000 ميل، ثم طرح التكلفة الإجمالية العائدة لـــ 15,000 ميل، ومن ثم تقدير تكلفة الـــ 3,000 ميل الإضافية. يمكن من هذا الفرق الحصول على تكلفة قطع المسافة الإضافية للميل الواحد. في هذه الحالة، كانت التكلفة الإجمالية لقيادة السيارة مسافة 15,000 ميل سنوياً 15,000 × 0.384 $ = 5,760 دولار. فإذا تبين أن تكلفة الخدمة – بسبب الاهتلاك والإصلاحات وما إلى ذلك – تبلغ 6,570 دولار لمسافة 18,000 ميل سنوياً، فإن تكلفة الـــ 3,000 ميل الإضافية تصبح بطبيعة الحال 810 دولار. وبذلك تصبح التكلفة المتزايدة المقابلة والناجمة عن التزايد فـــي مدى التشغيل (نطاق العمل) 0.27 دولار للميل الواحد. لذا، إذا توقعنا أن يصبـــح القيام بعدة رحلات عطلة نهاية الأسبوع عملاً طبيعياً للسيارة، يكون المالك أكثر عقلانية من الناحية الاقتصادية في إعطاء سعر 0.27 دولار للميل الواحد، حتـــى بالنسبة للرحلة الأولى.

3.2.2 التكاليف المتكررة وغير المتكررة

غالباً ما يستخدم هذان التعبيران العامّان لوصف أنماط متعددة من النفقات. *التكاليف المتكررة* هي التـــي تتكرر وتحدث عندما تنتج مؤسسة ما بضائع أو خدمات مشابهة وبصفة مستمرة. التكاليف المتغيرة هي أيضاً تكاليف متكررة، لأنها تتكرر مع كل وحدة منتجة. لكن التكاليف المتكررة لا تقتصر على التكاليف المتغيرة. فالتكلفة الثابتة التـــي تدفع بصفة متكررة هي أيضاً تكلفة متكررة. فعلى سبيل المثال، في مؤسسة توفر خدمات معمارية وهندسية، يعد إيجار المكاتب الذي هو تكلفة ثابتة، تكلفة متكررة أيضاً.

أما *التكاليف غير المتكررة* فهي التـــي لا تتكرر، ولو كان إجمالي النفقات تراكمياً على مدى مدة قصيرة نسبياً. ومن الصفات المميزة للتكاليف غير المتكررة أنها تنطوي على تطوير أو خلق قدرة أو طاقة على العمل. فمثلاً، إن تكلفة شراء أرض سيبنـــى عليها مصنع ما هي تكلفة غير متكررة، كما هو عليه حال تكلفة بناء المصنع نفسه.

4.2.2 التكاليف المباشرة وغير المباشرة والتكاليف المعيارية

تنطوي تعابير هذه التكاليف والتـــي غالباً ما نصادفها على معظم عناصر التكلفة التـــي تندرج أيضاً ضمن الفئات المتراكبة للتكاليف الثابتة والمتغيرة والتكاليف المتكررة وغير المتكررة المذكورة آنفاً. *التكاليف المباشرة* هي التكاليف التـــي يمكن قياسها وتوزيعها (تخصيصها) بوجه معقول على منتج أو فعالية محددة. إن تكاليف اليد العاملة والمواد المرتبطة مباشرة بالمنتج أو بالخدمة أو فعالية الإنشاء هي تكاليف مباشرة. فمثلاً، تعتبر المواد التـــي نحتاجها لإنتاج مقص تكاليف مباشرة.

التكاليف غير المباشرة هي التـــي يصعب عزوها أو توزيعها على منتج أو فعالية عمل محددة. ويدل هذا التعبير عادة على أنواع من التكاليف يمكن أن تنطوي على جهد هو أكبر من أن يُعزى مباشرة إلى منتج محدد. هناك مثلاً تكاليف توزع باستعمال صيغ معينة (مثلاً نسبة إلى عدد ساعات العمل المباشر، أو إلى قيمة العمل المباشر بالدولار، أو إلى قيمة المواد المباشرة بالدولار) على المخرجات أو فعاليات العمل. فمثلاً تكاليف الأدوات العامة والإمدادات العامة وصيانة المعدات في معمل ما تعامل معاملة التكاليف غير المباشرة.

التكاليف العامة overhead هي التكاليف الناجمة عن تشغيل منشأة ما والتـــي لا تشمل تكاليف العمل المباشر أو

تكاليف المواد المباشرة. نستخدم في هذا الكتاب تعابير التكاليف غير المباشرة، والتكاليف العامة، والنفقات الإضافية burden كمترادفات. نجد مثالاً على التكاليف العامة في تلك الناجمة عن استهلاك الكهرباء والإصلاحات العامة والضرائب على الملكية وتكاليف الإشراف. وغالباً ما تضاف النفقات الإدارية وتكاليف البيع على التكاليف المباشرة والتكاليف العامة وصولاً إلى سعر بيع وحدة المنتج أو الخدمة. (يزوّد الملحق A دراسة أكثر تفصيلاً لمبادئ محاسبة التكاليف).

تستخدم طرائق متنوعة في توزيع (تخصيص) النفقات العامة على المنتجات والخدمات والفعاليات. تقوم أكثر الطرق شيوعاً على توزيع يتناسب وكل من التكاليف المباشرة لليد العاملة (العمالة)، أو ساعات العمل المباشر، أو التكاليف المباشرة للمواد، أو مجموع التكاليف المباشرة للعمالة والتكاليف المباشرة للمواد (وهو ما يسمى *بالتكلفة الأولية prime cost* في عملية التصنيع)، أو ساعات تشغيل الآلات. ومن الضروري في كل طريقة من هذه الطرق معرفة مجموع النفقات العامة الفعلية أو المتوقعة لمدة محددة (تحسب عادة لعام واحد)، بغية توزيعها على المواد المنتجة (أو على تسليم الخدمات).

التكاليف المعيارية standard costs هي التكاليف النموذجية لكل وحدة من المخرجات التـــي تقدر سلفاً للإنتاج الحالي أو لتسليم الخدمة. وتطور اعتماداً على الساعات المباشرة لليد العاملة المتوقعة، وعلى المواد، وفئات النفقات العامة (مع تكاليفها القائمة لكل وحدة). ولما كانت تكاليف النفقات العامة الإجمالية مرتبطة ***بمستوى إنتاجي معين***، فإن هذا شرط هام لا بد من تذكره لدى التعامل مع معطيات التكلفة المعيارية (انظر، على سبيل المثال، الفقرة 3.5.2). تؤدي التكلفة المعيارية دوراً هاماً في ضبط التكلفة وفي وظائف الإدارة الأخرى. ومن استخداماتها النموذجية:

1. تقدير تكلفة التصنيع المستقبلية.
2. قياس الأداء التشغيلي بمقارنة التكلفة الفعلية للوحدة مع التكلفة المعيارية للوحدة.
3. تهيئة عطاءات على المنتجات أو الخدمات التـــي يطلبها الزبون.
4. تحديد قيمة العمل الجاري والمخزون المنتهي **finished inventories**

5.2.2 التكلفة النقدية مقابل التكلفة الدفترية

تسمى التكلفة التـــي تنطوي على دفع نقدي *التكلفة النقدية* (وينجم عنها دفق نقدي)، وذلك لتمييزها عن تلك التـــي لا تنطوي على معاملة تجارية نقدية والتـــي يُعبَّر عنها في النظام الحسابـــي *كتكلفة غير نقدية*. غالباً ما يشار إلى التكلفة غير النقدية هذه *بالتكلفة الدفترية*. تقدر التكاليف النقدية من المنظور المعتمد على التحليلات (المبدأ 3، الفقرة1.3) وهي النفقات المستقبلية التـــي يتعرض لها فيما يتعلق بالبدائل التـــي تحلَّل. التكاليف الدفترية هي التـــي لا تتضمن مدفوعات نقدية، بل تمثل على العكس من هذا استرداد النفقات السابقة خلال مدة محددة. أكثر الأمثلة شيوعاً للتكلفة الدفترية هو تكلفة *الاهتلاك* المفروضة على استخدام الأصول كالمصانع والمعدات. في تحليلات الاقتصاد الهندسي لا نحتاج لأن نأخذ بالحسبان إلا التكاليف التـــي هي دفقات نقدية أو دفقات نقدية كامنة وذلك من منظور محدد للتحليل. إن *الاهتلاك مثلاً ليس دفقاً نقدياً*، وتقتصر أهميته في التحليل على كونه يؤثر في ضرائب الدخل، التـــي هي تدفقات نقدية. نبحث موضوع الاهتلاك وضريبة الدخل في الفصل 6.

6.2.2 التكلفة الغائرة

التكلفة الغائرة هي تلك التـــي ظهرت في الماضي وليس لها أهمية (صلة) في تقديرات التكاليف المستقبلية والإيرادات المرتبطة بسلسلة إجراءات عمل بديلة. لذا فإن التكاليف الغائرة شائعة في كل البدائل وهي ليست جزءاً من الدفق المالي المستقبلي، ويمكن تجاهلها في تحليلات الاقتصاد الهندسي. التكلفة الغائرة، مثلاً، نفقات نقدية غير قابلة للاسترداد، كعربون منـــزل أو مال أنفق على معاملة جواز السفر.

نحن بحاجة إلى معرفة مثل هذه التكاليف، ومن ثم التعامل معها بالطريقة المناسبة في تحليل ما. نحتاج تحديداً للتنبه إلى إمكانية وجود التكاليف الغائرة في أية حالة تتضمن نفقات سابقة لا يمكن استعادتها، أو رأسمال سبق أن استثمر ولا يمكن استرداده.

نجد شرحاً لمفهوم التكلفة الغائرة في المثال البسيط التالي. على افتراض أن شخصاً يدعى Joe College وجد دراجة نارية أعجبته وأنه دفع مبلغ 40 دولار كدفعة أولى من أصل ثمن الدراجة البالغ 1,300 دولار وهذا المبلغ سيصادر فيما لو قرر عدم شراء الدراجة. وجد Joe خلال عطلة نهاية الأسبوع دراجة نارية أخرى أعجبته بالقدر نفسه وثمنها 1,230 دولار. بغية اتخاذ قرار بشأن أي الدراجتين أفضل، تعد الأربعون دولاراً تكاليف غائرة، ومن ثم فهي لا تدخل في عملية اتخاذ القرار، فيما عدا أنها تخفض التكلفة المتبقية من الدراجة الأولى. القرار يبقى إذن في الاختيار ما بين دفع 1,260 دولار (1,300 - 40) ثمن الدراجة الأولى، أو دفع مبلغ 1,230$ ثمن الدراجة الثانية.

باختصار، تنتج التكلفة الغائرة عن قرارات سابقة، لذا فهي لا تدخل في تحليل ومقارنة البدائل التـــي تؤثر في المستقبل. يجب تجاهل التكاليف الغائرة، على الرغم من صعوبة ذلك أحياناً من الناحية العاطفية، اللهم إلا بقدر ما تساعدك في التنبؤ بدرجة أفضل بما يمكن أن يحدث في المستقبل.

المثال 2-4

يعد استبدال الأصول مثالاً تقليدياً على التكلفة الغائرة. لنفترض أن مؤسستك تفكر في استبدال قطعة مـــن المعدات. كلفتها الأصلية 50,000 دولار، لكنها الآن تظهر على سجلات الشركة بقيمة 20,000 دولار، ويمكن بيعها بمبلغ قدره 5,000 دولار. يعتبر مبلغ 50,000 دولار في تحليل الاستبدال تكلفة غائرة. بيد أن هناك رأياً يقول بوجوب اعتبار أن التكلفة الغائرة هي الفرق بين القيمة التـــي تظهر في سجلات الشركة وبين سعر المبيع الحالي الممكن تحقيقه. تبعاً لوجهة النـــظر هذه، التكلفة الغائرة هـــي 20,000 دولار مطروح منها 5,000 دولار، أي 15,000 دولار. فـــي تحليل الاقتصاد الهندسي، يجب ألاّ نأخذ بالحسبان الـــ50,000 دولار ولا 15,000 دولار، إلا في الطريقة التـــي يمكن لمبلغ 15,000 دولار أن يؤثر على ضريبة الدخل، وهذا ما سنبحثه في الفصل 9.

7.2.2 تكلفة الفرصة البديلة

تنجم *تكلفة الفرصة البديلة* عن استخدام الموارد المحدودة، بحيث تضيع فرصة الاستفادة من تلك الموارد للحصول على ميزة نقدية في استخدام بديل. لذلك فإنها عبارة عن تكلفة أفضل فرصة مرفوضة (أي سابقة)، وغالباً ما تكون مخفية أو ضمنية.

لنفترض مثلاً أن مشروعاً ما يتضمن استخدام مساحة مستودع فارغ تمتلكه إحدى الشركات. يجب أن تكون تكلفة هذه المساحة بالنسبة للمشروع الدخل أو المدخرات التـــي يمكن أن توفرها للشركة الاستخدامات البديلة للمساحة.

بتعبير آخر، يجب أن تكون تكلفة الفرصة للمستودع هي الدخل الناتج عن أفضل استخدام بديل لهذا المكان. ويمكن أن يكون هذا أكثر أو أقل من التكلفة الوسطية للمكان والتـــي نحصل عليها من سجلات الشركة الحسابية.

لندرس أيضاً حالة طالب يمكن أن يكسب 20,000 دولار في العام، لكنه اختار بدلاً من ذلك الذهاب إلى الجامعة مدة عام وأن ينفق 5,000 دولار على دراسته. تبلغ تكاليف الفرصة البديلة للذهاب في ذلك العام إلى الجامعة 25,000 دولار: 5,000 دولار مبلغ نقدي و20,000 دولار كدخل ضائع. (نهمل هذه الأرقام تأثير ضريبة الدخل ونفترض أنه ليس للطالب أي مصدر رزق طوال وجوده في الجامعة).

المثال 2-5

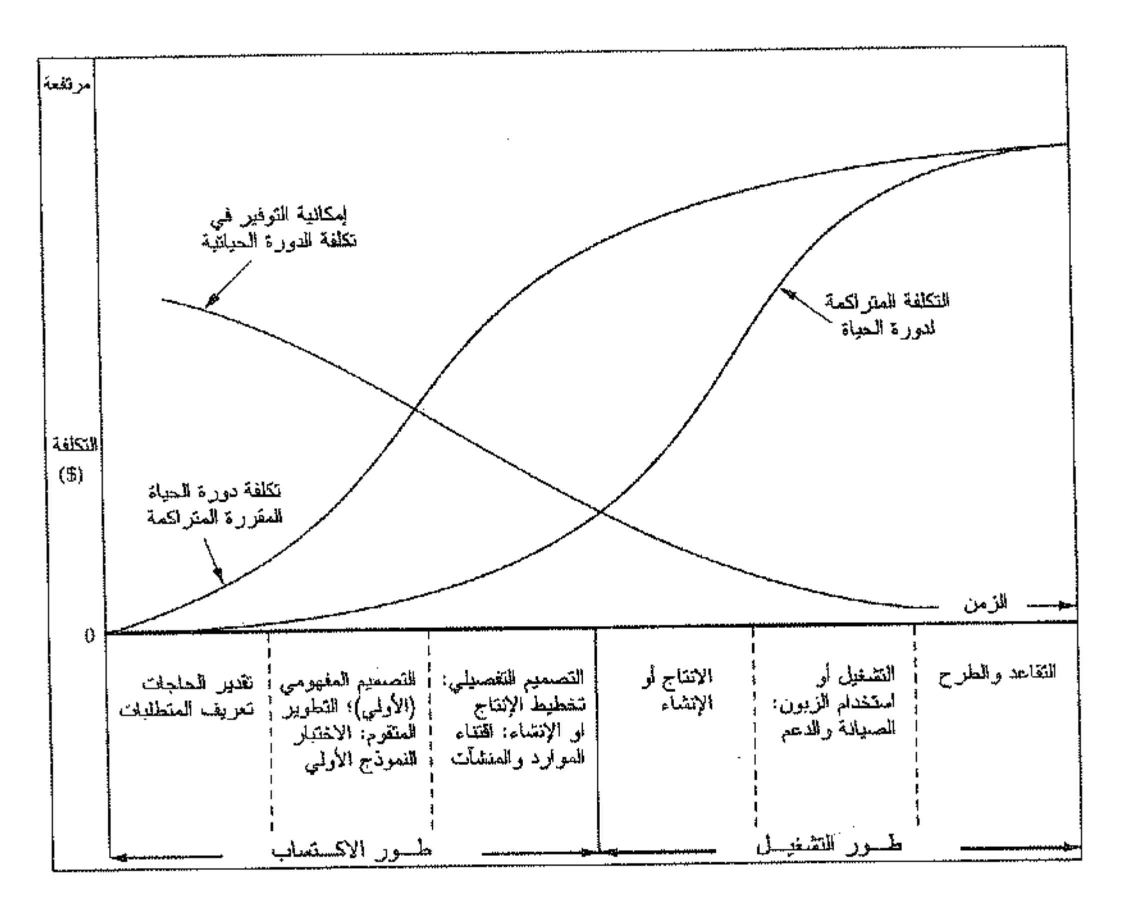
غالباً ما نصادف مفهوم تكلفة الفرصة البديلة في تحليل عملية استبدال قطعة معـــدات أو أصول رأسمالية أخرى. لننظر مجدداً في المثال 2-4 الذي تدرس فيه شركتك موضوع استبدال قطعة من المعدات ثمنها الأصلي 50,000 دولار، ومعروضة حالياً في سجلات الشركة بقيمة 20,000 دولار، لكن قيمتها السوقية الحالية هي 5,000 دولار. بغية تحليل الاقتصاد الهندسي لمعرفة ما إذا كان يجب تبديل القطعة، يجب اعتبار أن قيمة الاستثمار الحالي فـــي هذه القطعة 5,000 دولار، لأنه بالاحتفاظ بالقطعة تستغنـــي الشركة عـــن *فرصة* الحصول على 5,000 دولار عـــن طريق التخلص منها. وهكذا فإن مبلغ الـــ 5,000 دولار، وهو ثمن البيع المباشر، يعتبر فعلاً تكلفة الاســـتثمار الناتجة عـــن عدم استبدال قطعة المعدات ويستند إلى مفهوم تكلفة الفرصة البديلة.

8.2.2 تكلفة دورة الحياة

غالبا ما نصادف تعبير *تكلفة دورة الحياة* أثناء ممارسة العمل الهندسي. وهو تعبير يدل على مجمل التكاليف المتكررة أو غير المتكررة، والمرتبطة بمنتج ما، أو منشأ، أو نظام، أو خدمة أثناء دورة حياته. توضح دورة الحياة في (الشكل 2.2). تبدأ دورة الحياة بتحديد الحاجة الاقتصادية أو الرغبة (المتطلبات)، وتنتهي بالتقاعد وفعاليات الطرح (التخلص) disposal activities. إنه أفق زمنـــي لا بد من تعريفه في سياق الحالة المحددة – سواء أكان جسر طريق عام، أو محركاً نفاثاً لطائرات تجارية، أو خلية تصنيع مؤتمتة مرنة لمصنع ما. يمكن لنهاية دورة الحياة أن تؤثر في أسس وظيفية أو اقتصادية. فمثلاً، قد تكون المدة التـــي يحتاجها بناء ما أو قطعة معدات معينة كي تؤدي وظيفتها اقتصادياً أقصر من تلك التـــي تسمح بها قدرتها الفيزيائية. مثل هذه الحالة نجدها عندما تدخل تغيرات على تصميم فعالية مرجل. قد يكون المرجل القديم قادراً على إنتاج البخار المطلوب، لكنه ليس كافياً من الناحية الاقتصادية للاستخدام المراد.

يمكن تقسيم دورة الحياة إلى فترتين أساسيتين: طور الاكتساب وطور التشغيل. وكما يظهر (الشكل 2.2)، فإن كلاً من هاتين المرحلتين مقسم إلى مراحل من الفعاليات مترابطة فيما بينها لكنها متمايزة.

تبدأ مرحلة الاكتساب بتحليل الاحتياجات أو المتطلبات الاقتصادية – وهي المرحلة اللازمة لإظهار الحاجة إلى المنتج أو البنية أو النظام أو الخدمة. عندئذ، وبعد تحديد المطلب تحديداً واضحاً وصريحاً، يمكن أن تتتالى الفعاليات الأخرى في مرحلة الاكتساب بتسلسل منطقي. تترجم فعاليات التصميم المفاهيمي المتطلبات التقنية والوظيفية المحددة إلى تصميم أولي مفضّل. ومن ضمن هذه الفعاليات تطوير البدائل الممكنة وتحليلات الاقتصاد الهندسي للمساعدة في اختيار التصميم الأولي المفضل. كذلك تقع في هذه المرحلة فعاليات التطوير المتقدم واختبار النماذج لدعم جهد التصميم الأولي.



الشكل 2.2: أطوار دورة الحياة وتكاليفها النسبية

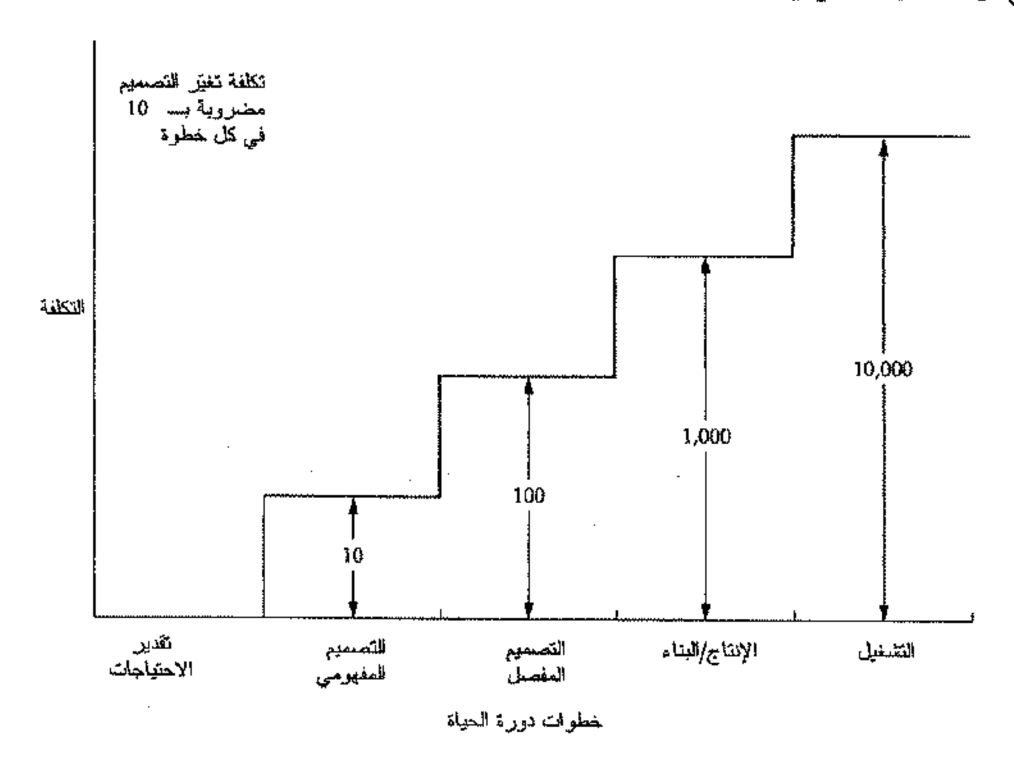
تتضمن مجموعة النشاطات التالية في مرحلة الاكتساب تصميماً وتخطيطاً مفصّلين للإنتاج أو الإنشاء. وتتبع هذه المرحلة الفعاليات الضرورية لإعداد واكتساب التسهيلات والموارد الأخرى الضرورية، وتجهيزها للعمل. *نؤكد ثانية أن دراسات الاقتصاد الهندسي جزء أساسي من عملية التصميم لتحليل البدائل ومقارنتها، وللمساعدة في تحديد التصميم النهائي المفصل.*

تتضمن مرحلة التشغيل إنتاج المادة النهائية أو تسليم أو إنشاء المادة النهائية أو الخدمة، إضافة إلى تشغيلها أو استخدامها من قبل الزبون. تنتهي هذه المرحلة بالتقاعد من التشغيل الفعلي أو الاستخدام، وغالباً ما تنطوي على تخلص من الأصول الفيزيائية. فيما يتعلق بدراسات الاقتصاد الهندسي، تعطى الأولوية خلال مرحلة التشغيل إلى: (1) تحقيق دعم فعال وحقيقي للعمليات؛ (2) تحديد الأصول التـــي يجب أن تستبدل وتحديد الوقت اللازم لذلك، (3) التنبؤ بتاريخ التقاعد وفعاليات التصريف disposal activities .

يظهر (الشكل 2.2) بروفيلات التكلفة النسبية للدورة الحياتية. إن أعظم فرصة لتحقيق اقتصاد في تكاليف الدورة الحياتية هي في مرحلة مبكرة من طور الاكتساب. تعتمد كمية الاقتصاد الذي يمكن تحقيقه في تكاليف الدورة الحياتية لمنتج ما (مثلاً) على عوامل عدة. لكن التصميم الهندسي الفعال والتحليل الاقتصادي في هذه المرحلة يعدان جوهريان في تحقيق اقتصاد كامن أعظمي.

أحد مظاهر التصميم الهندسي الفعال للتكلفة هو تخفيف أثر التغيرات التـــي تطرأ على التصميم خلال خطوات الدورة الحياتية. تزداد تكلفة تغيير التصميم بوجه عام بمقدار عشرة أضعاف تقريباً في كل خطوة، كما هو موضح في (الشكل

3.2). لذا فإن توفر تصميم مفاهيمي conceptual ممتاز يشكل أساساً للتصميم التفصيلي، ويتفادي أية تغييرات خلال مراحل الإنتاج أو البناء والتشغيل في الدورة الحياتية يقتصد في الكثير من الأموال.



الشكل 3.2: تكاليف التغييرات في التصميم على قدر كبير من الأهمية

(المصدر: أعيدت طباعة الشكل بإذن من: *National Productivity Review*, Vol. 8, no. 3. Copyright 1989 by Executive (Enterprises, Inc., 22 West 21st Street, New York, NY 10010-6904. All rights reserved.

يتزايد منحنـــي التكلفة التراكمية الملتزم بها للدورة الحياتية بسرعة أثناء طور الاكتساب. وبوجه عام "تحبس" نحو 80% من تكاليف الدورة الحياتية في نهاية هذا الطور بسبب القرارات المتخذة أثناء تحاليل المتطلبات والتصميم الأولي والتصميم التفصيلي. وعلى العكس من ذلك، وكما يظهر منحنـــي تكلفة الدورة الحياتية التراكمي، فإن قرابة 20% فقط من التكاليف الفعلية تقع خلال طور الاكتساب، على حين 80% من التكاليف تطرأ خلال طور التشغيل.

لذا، فإن أحد أهداف مفهوم الدورة الحياتية هو إظهار الآثار المتبادلة للتكاليف على امتداد حياة المنتج. وأحد أهداف عملية التصميم التخفيف إلى الحد الأدنـــي من تكلفة الدورة الحياتية – مع توفير متطلبات الأداء الأخرى – وذلك بتحقيق التبادل الصحيح بين التكاليف المتوقعة خلال مرحلة الاكتساب وتلك التـــي تطرأ أثناء مرحلة التشغيل.

تختلف عناصر تكلفة الدورة الحياتية التـــي يجب أن تؤخذ بالحسبان بحسب الحالة. لكننا سنقوم الآن بتعريف عدد من الفئات الأساسية لتكلفة الدورة الحياتية، نظراً لشيوع استخدامها.

تكلفة الاستثمار هي رأس المال المطلوب في معظم فعاليات طور الاكتساب. في الحالات البسيطة، كالحصول على معدات محددة، يمكن احتمال تكلفة الاستثمار كنفقة منفردة. أما في مشروع إنشائي ضخم ومعقد، فيمكن تحمل سلسلة من النفقات مدة طويلة. تسمى هذه التكلفة أيضاً *استثمار رأس المال*.

المثال 2-6

انظر إلى وضع يُطلب فيه لقسم الهندسة – الذي تعمل فيه – معدات وبرمـــجيات الدعم الإضافية اللازمة لمحطة عمل جديدة للتصميم بمعونة الحاسوب والتصنيع بمعونة الحاسوب (CAD/CAM). تكون عناصر التكلفة القابلة للتطبيق والنفقات التقديرية على النحو التالي:

عنصر التكلفة	التكلفة
استئجار خط هاتفي للاتصال	1,100 دولار/ الشهر
استئجار برمجيات التصميم والتصنيع بمعونة الحاسوب (يتضمن ذلك التركيب والتنقيح)	550 دولار/ الشهر
شراء عتاد لمحطة عمل للتصميم والتصنيع بمعونة الحاسوب	20,000
شراء مودم ذي سرعة نقل معطيات 57,600 بود	250
شراء طابعة ذات سرعة عالية	1,500
شراء راسمة بيانية بأربعة ألوان	10,000
تكاليف الشحن	500
التدريب الأولي (الذي يجري داخل المؤسسة) على استخدام برمجيات التصميم بمعونة الحاسب والتصنيع بمعونة الحاسب	6,000

ما هي تكلفة استثمار نظام التصميم والتصنيع بمعونة الحاسوب هذا؟

الحل:

تكلفة الاستثمار في هذا المثال هي مجموع عناصر التكلفة كلها، باستثناء نفقات الاستئجار الشهرية – وتحديداً مجموع التكاليف الأولية لمحطة عمل التصميم والتصنيع بمعونة الحاسوب، والمودم والطابعة والراسمة البيانية (31,750$)، وتكاليف الشحن (500$)، وتكاليف التدريب الأولي (6,000$). تنجم عـــن عناصر التكلفة هذه تكلفة استثمارية إجمالية مقدارها 38,250 دولار. أما عنصرا التكلفة اللذان يشتملان علـــى نفقات استئجار شهرية (كاستئجار خط هاتفـــي وبرمجيات تصميم وتصنيع بمعونة الحاسوب) فهي جزء من النفقات المتكررة في طور التشغيل.

يشير مصطلح "*رأس المال العامل*" **working capital** إلى الأموال اللازمة لأصول جارية (أي الأصول غير الثابتة كالتجهيزات والمنشآت، إلخ...) والضرورية لإقلاع الفعاليات التشغيلية أو الاستمرار بها. فمثلاً لا يمكن تصنيع المنتجات أو تقديم الخدمات من دون توفر المواد في المخازن. ولا يمكن إتاحة وظائف كوظائف الصيانة مثلاً ما لم تتوفر قطع الغيار والأدوات واليد العاملة المدرّبة والموارد الأخرى. كما لابد من توفر السيولة النقدية لدفع رواتب الموظفين والنفقات الأخرى المترتبة على العمل. تتفاوت كمية رأس المال العامل اللازم بحسب المشروع، ويسترد عادة بعض أو كل الاستثمار الموظف في رأس المال العامل في نهاية حياة المشروع.

تشتمل *تكلفة التشغيل والصيانة* على العديد من بنود النفقات السنوية المتكررة المرتبطة بمرحلة التشغيل في الدورة الحياتية. تعد نفقات التشغيل المباشرة وغير المباشرة المرتبطة بالمجالات الأساسية الخمسة للموارد، وهي الناس والآلات والمواد والطاقة والمعلومات، جزءاً أساسياً من التكاليف في هذه الفئة.

تشتمل *تكاليف الطرح* (التخلص) **disposal costs** على التكاليف غير المتكررة المترتبة على إغلاق التشغيل وسحب الأصول وتصريفها في نهاية الدورة الحياتية. غالباً ما يمكن التكهن بالتكاليف المتعلقة بالعاملين والمواد والنقل والفعاليات

الخاصة التـــي تجري لمرة واحدة. تعوض هذه التكاليف في بعض الحالات من إيرادات بيع الأصول التـــي ما زال لها قيمة في السوق. نجد مثالاً تقليدياً لتكلفة التصريف في تنظيف موقع أنشئ فيه مصنع معالجة كيميائية.

3.2 البيئة الاقتصادية العامة

هناك عدد من المفاهيم الاقتصادية العامة التـــي لا بد أن تؤخذ بالحسبان في الدراسات الاقتصادية. وبالمعنـــى الواسع للكلمة، فإن الاقتصاديات تتعامل مع التفاعل القائم بين الناس والثروة، في حين تعنـــى الهندسة باستخدام المعرفة العلمية استخداماً فعالاً لفائدة الجنس البشري. نعرض في هذه الفقرة لبعض تلك المفاهيم الاقتصادية الأساسية ونوضح كيف يمكن أن تكون عوامل تؤخذ بالحسبان في الدراسات الهندسية والقرارات الإدارية.

1.3.2 السلع والخدمات الاستهلاكية والإنتاجية

يمكن تقسيم السلع والخدمات المنتجة والمستخدمة إلى فئتين. إن *السلع والخدمات الاستهلاكية* consumer goods and services هي المنتجات والخدمات التـــي يستخدمها الناس بطريقة مباشرة بغية سدّ حاجاتهم. بعض الأمثلة على ذلك الأطعمة واللباس والسيارات وأجهزة التلفاز وقص الشعر والأوبرا والخدمات الطبية. وعلى منتجي السلع والخدمات الاستهلاكية أن يكونوا على معرفة بالتغير الذي يطرأ على حاجات الناس الذين تباع لهم منتجاتهم، ومن ثم فهم خاضعون لتلك التغيرات.

تستخدم *السلع والخدمات الإنتاجية* في إنتاج سلع وخدمات استهلاكية أو سلع إنتاجية أخرى. مثال ذلك أجهزة الآلات وأبنية المعامل والباصات وآلات المزارع. وعلى المدى البعيد، تفيد السلع الإنتاجية في سدّ الحاجات الإنسانية، ولكنها ليست إلا وسيلة فحسب لتحقيق هذا الهدف. لذا فإن مقدار السلع الإنتاجية اللازمة يحدده بأسلوب غير مباشر مقدار السلع أو الخدمات الاستهلاكية التـــي يطلبها الناس. لكن لما كانت العلاقة هنا ليست مباشرة بقدر ما هي عليه في السلع والخدمات الاستهلاكية، فإن الطلب على السلع الإنتاجية وإنتاجها يمكن أن يتقدم أو يتأخر كثيراً فيما يتعلق بالطلب على السلع الاستهلاكية التـــي ستنتجها.

2.3.2 مقاييس القيمة الاقتصادية

تُنتَج السلع وتكون مرغوبة لأنها تنطوي على *منفعة* ما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، أي إن لها القدرة على الوفاء رغبات وحاجات الإنسان. أي إنها قد تُستخدم أو تستهلك مباشرة، أو قد تستخدم لإنتاج سلع أو خدمات أخرى يمكن بدورها أن تستخدم مباشرة. غالباً ما تقاس الفائدة بدلالة *القيمة* معبراً عنها في بعض وسائل التبادل على أنها *الثمن* الواجب دفعه للحصول على المادة المذكورة.

يركز معظم نشاطنا التجاري، ومن ذلك النشاط الهندسي، على زيادة فائدة (قيمة) المواد والمنتجات عن طريق تغيير شكلها أو موقعها. وهكذا فإن خامات الحديد لا تساوي إلاّ بضع دولارات للطن الواحد، لكن قيمتها تزداد ازدياداً ملحوظاً عندما تعالج وتمزج بمواد خلط مناسبة، ثم تحول إلى شفرات حلاقة. كما أن الثلج عديم القيمة تقريباً عندما يكون في أعلى الجبال البعيدة، لكنه يغدو ذا قيمة كبيرة عندما يذاب ويوصل إلى جنوب كاليفورنيا الجاف على بعد آلاف الأميال.

3.3.2 الضروريات والكماليات وطلب الأسعار

يمكن تصنيف السلع والخدمات ضمن فئتين: ***الضروريات والكماليات***. من الواضح أن هذه المفردات نسبية لأن معظم هذه السلع والخدمات يعتبرها البعض ضرورية على حين يعتبرها البعض الآخر من الكماليات. فمثلاً، يمكن لشخص يعيش في مجتمع ما أن يعتبر السيارة ضرورية للذهاب إلى العمل والإياب منه. فلو كان الشخص نفسه يعيش ويعمل في مدينة مختلفة ربما تتوفر فيها وسائل مواصلات عامة مناسبة، فإن السيارة قد تصبح بالنسبة إليه من الكماليات. فلكل السلع والخدمات، هناك علاقة بين السعر الذي يجب دفعه والكمية التسي ستطلب أو تشترى. يوضح (الشكل 4.2) تلك العلاقة العامة. عندما يزداد سعر بيع الوحدة (p) يقل الطلب (D) على المنتج، وعندما ينخفض سعر البيع يزداد الطلب. يمكن التعبير عن العلاقة بين السعر والطلب كالتابع الخطي التالي:

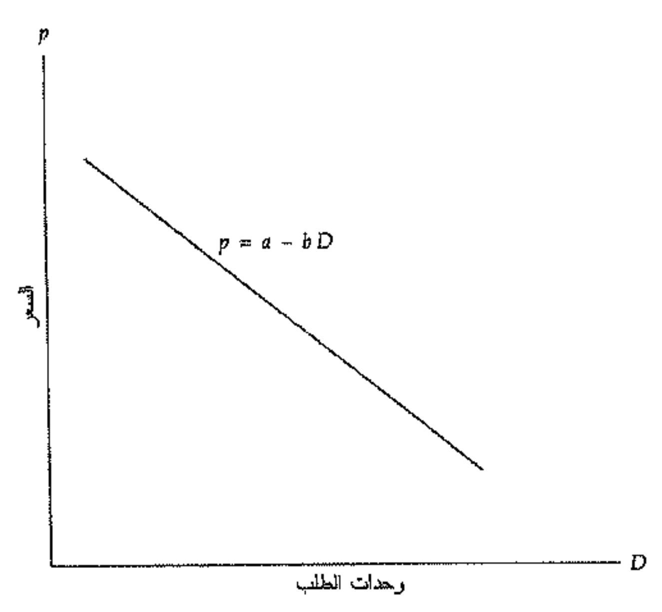
$$p = a - bD \quad \text{for } 0 \le D \le \frac{a}{b}, \ \text{and } a > 0, b > 0 \qquad (1.2)$$

حيث a هو التقاطع على محور السعر، و$-b$ هو الميل. وهكذا، فإن b هو المقدار الذي يزداد به الطلب لكل وحدة نقصان في p. وأما a وb فكلاهما ثابت.

وبطبيعة الحال ينتج عما سبق أن:

$$D = \frac{a - p}{b} \quad (b \neq 0) \qquad (2.2)$$

ومع أن (الشكل 4.2) يُظهر العلاقة العامة القائمة بين السعر والطلب، فقد تختلف هذه العلاقة بالنسبة للضرورات والكماليات. إذ يمكن للمستهلكين الاستغناء بسهولة عن الكماليات إذا ما ارتفع سعرها بدرجة كبيرة، لكنهم يجدون صعوبة أكبر في تخفيف استهلاك الضروريات الحقيقية. كما أنهم سيستخدمون المال الذي يدخرونه من عدم شرائهم للكماليات في دفع التكاليف الإضافية المترتبة على الضروريات.



الشكل 4.2: العلاقة العامة للسعر بالطلب. (لاحظ أن السعر يُعتبر المتحول المستقل، لكنه يمثّل بالمحور العمودي. وغالباً ما يستخدم الاقتصاديون هذا الاصطلاح).

4.3.2 المنافسة

لما كانت القوانين الاقتصادية هي تعبيرات عامة عن العلاقة المتبادلة بين الناس والثروة، فإنها تتأثر بالبيئة الاقتصادية التـي يوجد فيها الناس والثروة. إن معظم المبادئ الاقتصادية العامة مقررة لحالات تتوفر فيها *منافسة مثالية*.

تكون المنافسة مثلى عندما يقوم عدد كبير من البائعين بتزويد منتج ما ولا يكون هناك قيود تحد من دخول موردين إضافيين إلى السوق. في ظل ظروف كهذه، هناك ضمان لحرية تامة لكل من البائع والشاري. لكن المنافسة المثالية لا يمكن أن تحدث في ظل الممارسات الواقعية، وذلك بسبب عوامل عدة تفرض بعض القيود على نشاطات البائع أو المشتري أو كليهما معاً. وتوضع معظم المبادئ الاقتصادية العامة لحالات تتوفر فيها المنافسة المثالية.

يعتبر الوضع التنافسي الحالي عاملاً هاماً في معظم دراسات الاقتصاد الهندسي. وما لم تتوفر معلومات تثبت عكس ذلك، فإنه لا بد من افتراض وجود حالي أو مستقبلي للمنافسين، وأنهم ينتجون سلعاً أو خدمات على درجة عالية من الجودة، ثم لا بد من أخذ النتائج المترتبة على ذلك بالحسبان.

يحتل *الاحتكار* القطب المعاكس للمنافسة المثالية. يكون هناك احتكار تام عندما لا يتوفر منتج أو خدمة ما إلا عن طريق مورد وحيد، وعندما يكون بإمكان البائع الحيلولة دون دخول الآخرين جميعاً إلى السوق. في ظل تلك الظروف يصبح البائع تماماً تحت رحمة المورِّد فيما يتعلق بتوفر السلعة وسعرها. عملياً، نادراً ما نجد احتكاراً مطلقاً، وذلك لسببين: (1) قلة من المنتجات تتمتع بصفات فريدة إلى الحد الذي لا يمكن فيه استخدام بدائل عنها بوجهٍ مرضٍ، (2) تحظر الأنظمة الحكومية الاحتكارات إن كانت مقيدة بإفراط.

5.3.2 تابع الإيرادات الإجمالية

إن الإيراد الإجمالي TR الناتج عن مشروع تجاري خلال فترة معينة هو حاصل ضرب سعر البيع للوحدة p، وعدد الوحدات المبيعة D، وبالتالي:

$$\text{TR} = \text{السعر} \times \text{الطلب} = p \cdot D \tag{3.2}$$

إذا كانت العلاقة بين السعر والطلب كما وردت في المعادلة (1.2) مستخدمة، فإن:

$$\text{TR} = (a - bD)D = aD - bD^2 \qquad \text{for } a > 0,\ b > 0 \text{ and } 0 \le D \le \frac{a}{b} \tag{4.2}$$

يمكن تمثيل العلاقة بين الإيراد الإجمالي والطلب وفق الشرط المعبَّر عنه في المعادلة (4.2) بالمنحنـــي المبين في (الشكل 5.2). من حساب التفاضل يمكن الحصول على الطلب $\hat{D}$ الذي سينتج عنه الحد الأقصى من الإيرادات الإجمالية بحل:

$$\frac{d\,\text{TR}}{d\,D} = a - 2b\,D = 0 \tag{5.2}$$

ويكون[2]

---

[2] لضمان أن $\hat{D}$ يحقق الحد الأعلى من الإيرادات الإجمالية، تحقق من المشتق الثانـــي للتأكد أنه سلبـــي:

$$\frac{d^2\text{TR}}{d\,D^2} = -2b$$

كذلك تذكّر أنه في مسائل تقليل التكلفة إلى الحد الأدنى، يكون المشتق الثانـــي ذو الإشارة الموجبة ضرورياً لضمان حل تكلفة أمثل ذي قيمة صغرى.

$$\hat{D}=\frac{a}{2b} \quad (6.2)$$

يجب التأكيد أنه بسبب علاقات التكلفة بالحجم، وهو ما سنبحثه في الفقرة التالية، فإن *معظم المشاريع التجارية قد لا تحقق الحد الأقصى من الأرباح* عن طريق زيادة الإيراد إلى الحد الأعلى. وبناء على ذلك، لا بد من النظر إلى علاقة التكلفة بالحجم وربطها بالإيراد، لأن تخفيضات التكلفة توفر حافزاً أساسياً للعديد من التحسينات على العمليات الهندسية. وإذا لم يكن من الممكن تبرير حل ما لمسألة هندسية عبر تخفيض التكلفة، فإن الحل يمكن أن يعتمد على توسيع جانب الإيراد في معادلة الربح، كما هو موضح في الفقرة 6.3.2.

6.3.2 علاقات التكلفة والحجم ونقطة التعادل

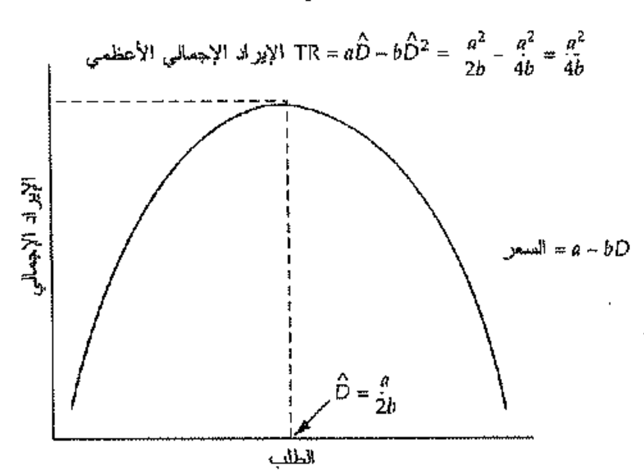
تبقى التكاليف الثابتة مستقرة بالنسبة لشريحة واسعة من الفعاليات ما دام العمل لا يوقف التشغيل بصفة دائمة، لكن التكاليف المتغيرة تتبدل في مجملها تبعاً لحجم المخرجات الفقرة 1.2.2. لذا فعند أي طلب D، تكون التكلفة الإجمالية:

$$C_T = C_F + C_V \quad (7.2)$$

حيث تعبِّر C_F وC_V تباعاً عن التكلفة الثابتة والتكلفة المتغيرة. وفي حالة العلاقة الخطية المفترضة هنا:

$$C_V = c_v \cdot D \quad (8.2)$$

حيث c_v هي التكلفة المتغيرة للوحدة. ندرس في هذه الفقرة سيناريوهين للوصول إلى نقاط التساوي. في السيناريو الأول، الطلب تابع للسعر، على حين يفترض السيناريو الثانـــي أن الطلب والسعر مستقلان أحدهما عن الآخر.



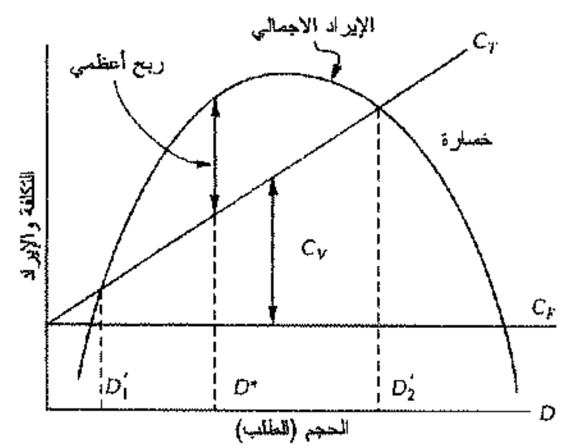
الشكل 5.2: تابع الإيراد الإجمالي بدلالة الطلب

السيناريو 1: عندما جمع الإيراد الإجمالي، كما هو موصوف في (الشكل 5.2)، والتكلفة الإجمالية، المعطاة في المعادلتين (7.2) و(8.2)، تعطى النتائج النموذجية بدلالة الطلب في (الشكل 6.2). عند *نقطة التعادل* D'_1 يتساوى الدخل الإجمالي بالتكلفة الإجمالية، وسينتج عن أية زيادة في الطلب ربح في التشغيل. ثم عند الطلب الأمثل D^*، يصل الربح إلى الحد الأقصى [المعادلة (10.2)]. عند نقطة التعادل D'_2، يتساوى الدخل الإجمالي والتكلفة الإجمالية من جديد، لكن أي حجم إضافي سيؤدي إلى خسارة في التشغيل بدلاً من الربح. من الواضح أن اهتمامنا ينصب في المقام الأول على الظروف التـــي يحدث فيها التعادل والربح الأقصى. في البداية، وعند أي حجم (طلب) D،

الربح (الخسارة) = الإيراد الإجمالي– التكاليف الإجمالية

$$= (a\,D - bD^2) - (C_F + c_v\,D)$$

$$(9.2) \quad = -bD^2 + (a - c_v)D - C_F \quad \text{for } 0 \le D \le \frac{a}{b} \text{ and } a > 0, b > 0$$



الشكل 6.2: تابعا التكلفة والإيراد مجتمعين، ونقاط التعادل، بدلالة الحجم، وأثرها على الربح النموذجي (السيناريو 1)

كي يحصل الربح اعتماداً على المعادلة (9.2)، وللحصول على النتائج النموذجية التـــي يوضحها الشكل (6.2)، لابد من توفر شرطين اثنين:

1. $(a - c_v > 0)$ ؛ أي إن سعر الوحدة الذي ينجم عن انعدام الطلب يجب أن يكون أعلى من التكلفة المتغيرة للوحدة. (يسمح هذا بتفادي الطلب السلبـــي).
2. يجب أن يتجاوز الإيراد الإجمالي (TR) التكلفة الإجمالية (C_T) بالنسبة للمدة المحددة.

إذا تحقق هذان الشرطان، يمكننا إيجاد الطلب الأمثلي الذي نحصل عنده على الربح الأعظمي بأخذ المشتق الأول للمعادلة (9.2) بدلالة D ومساواتها بالصفر:

$$\frac{d\,(\text{profit})}{d\,D} = a - c_v - 2b\,D = 0$$

إن القيمة المثلى لـــ D التـــي تزيد الربح إلى الحد الأعظمي هي:

$$D^* = \frac{a - c_v}{2b} \quad (10.2)$$

وللتأكد أننا زندنا *الربح إلى الحد الأقصى* (و لم نخفضه إلى الحد الأدنـــى) يجب أن يكون مؤشر المشتق الثانـــي سالباً. بفحص ذلك، نجد أن:

$$\frac{d^2(\text{profit})}{dD^2} = -2b$$

الذي سيكون سالباً في حالة $b > 0$ (كما بينا سابقاً).

تقع نقطة التعادل الاقتصادي في عملية ما عندما تتساوى الإيرادات الإجمالية بالتكلفة الإجمالية. وتكون الإيرادات الإجمالية والتكلفة الإجمالية، وكما هو مستخدم في تطوير المعادلتين (9.2) و(10.2) وعند أي طلب D، كما يلي:

الإيرادات الإجمالية = التكلفة الإجمالية (نقطة التعادل)

$$aD - bD^2 = C_F + c_v D$$
$$-bD^2 + (a - c_v)D - C_F = 0 \qquad (11.2)$$

إن المعادلة (11.2) معادلة تربيعية بمجهول واحد (D)، يمكننا حلها للحصول على نقاط التعادل D_1' و D_2' (جذري المعادلة)[3]:

$$D' = \frac{-(a - c_v) \pm [(a - c_v)^2 - 4(-b)(-C_F)]^{1/2}}{2(-b)} \qquad (12.2)$$

عندما تتحقق شروط الربح [المعادلة (9.2)]، تصبح الكمية الموجودة بين القوسين المعقوفين في البسط (المميز) في المعادلة (12.2) أكبر من الصفر. وهذا يضمن أن يكون لكل من D_1' و D_2' قيمتان حقيقيتان موجبتان وغير متساويتين.

المثال 2-7

تنتج إحدى الشركات مفتاح توقيت إلكتروني يُستخدم في المنتجات الاستهلاكية والتجارية التي تصنعها مؤسسات صناعية أخرى متعددة. السعر الثابت هو (CF) 73,000 دولار في الشهر، والسعر المتغير (c_v) 83 دولار للوحدة. سعر المبيع للوحدة $p = \$180 - 0.02(D)$، بناء على المعادلة (1.2). في هذه الحالة، (آ) حدِّد الحجم الأمثل لهذا المنتج وتحقق أن الربح (بدلاً من الخسارة) يتأتى عند هذا الطلب، و(ب) جد الأحجام التي يقع عندها التعادل؛ ما هو مجال الطلب المربح؟

الحل:

(آ) من المعادلة (2 - 10): $D^* = \frac{a - c_v}{2b} = \frac{\$180 - \$83}{2(0.02)} = 2,425$ (وحدة في الشهر)

هل $(a - c_v) > 0$؟

$(\$180 - \$83) = \$97$، وهي أكبر من الصفر

وهل (الإيرادات الإجمالية – التكلفة الإجمالية) > الصفر في حالة $D^* = 2,425$ (وحدة في الشهر)

$$[\$180(2,425) - 0.02\,(2,425)^2] - [\$73,000 + \$83\,(2,425)] = \$44,612$$

ينتج عن طلب مقداره $D^* = 2,425$ وحدة شهرياً ربح أعظمي مقداره 44,612$ في الشهر. لاحظ أن المشتق الثاني سلبي (0.04-).

(ب) عند نقطة التعادل، فإن: الإيرادات الإجمالية = التكلفة الإجمالية

من المعادلة (11.2):

$$-bD^2 + (a - c_v)D - C_F = 0$$
$$-0.02D^2 + (\$180 - \$83)D - \$73,000 = 0$$
$$-0.02D^2 + 97D - 73,000 = 0$$

[3] بافتراض $ax^2 + bx + c = 0$، فإن المعادلة التربيعية هي: $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

ومن المعادلة (2-12):

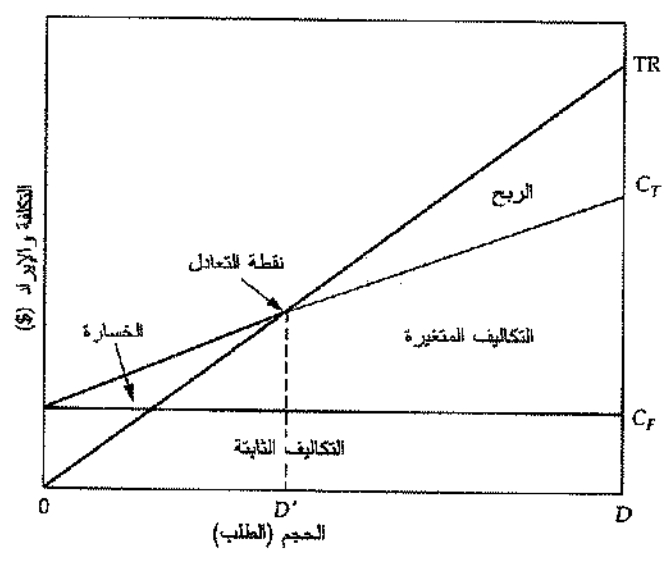
$$D' = \frac{-97 \pm [(97)^2 - 4(-0.02)(-73,000)]^{0.5}}{2(-0.02)}$$

$$D_1' = \frac{-97 + 59.74}{-0.04} = 932 \text{ وحدة شهرياً}$$

$$D_2' = \frac{-97 - 59.74}{-0.04} = 3,918 \text{ وحدة شهرياً}$$

وهكذا فإن مجال الطلب المربح يقع بين 932 إلى 3,918 وحدة شهرياً.

السيناريو 2: عندما يكون بالإمكان تمثيل سعر الوحدة (p) للمنتج أو للخدمة ببساطة أكبر على أنه مستقل عن الطلب [عوضاً عن إظهاره كتابع خطي للطلب، كما افترضنا في المعادلة (1.2)]، وعلى أنه أكبر من التكلفة المتغيرة للوحدة (c_v)، تنتج لدينا نقطة تعادل وحيدة. وبفرض أن الطلب تحقق فوراً، فإن الإيراد الإجمالي $(TR) = p \cdot D$. إذا كانت العلاقة الخطية للتكاليف في المعادلتين (7.2) و(8.2) مستخدمة أيضاً في النموذج، فإن الشكل (7.2) يظهر الحالة النموذجية:



الشكل 7.2: مخطط بياني نموذجي لنقطة التعادل حيث السعر p ثابت (السيناريو 2)

المثال 2-8

تقيس مؤسسة استشارات هندسية مخرجاتها بوحدة خدمة ساعية معيارية، وهـــي تابع لمستويات المرتبة الشخصية لدى العاملين المحترفين. إن التكلفة المتغيرة (c_v) تساوي 62 دولار لساعة الخدمة المعيارية الواحدة. معدل سعر التكلفة [أي سعر المبيع (p)] $85.56 للساعة الواحدة. يبلغ الإنتاج الأعظمي للشركة 160,000 ساعة سنوياً، وتبلغ تكلفتها الثابتة (C_F) $2,024,000 سنوياً. بالنسبة لهذه الشركة، (آ) ما هي نقطة التعادل في ساعات العمل المعيارية وكنسبة مئوية من الطاقة الإجمالية؟ (ب) ما هي نسبة التخفيض في نقطة التعادل (الحساسية) إذا ما خفضت التكاليف الثابتة بنسبة 10%؟ وإذا خفضت التكلفة المتغيرة للساعة الواحدة بنسبة 10%؟ وإذا خفضت كلا التكلفتين 10%؟ وإذا ازداد سعر مبيع الوحدة بنسبة 10%؟

الحل:

(آ) عند نقطة التعادل:

الإيراد الإجمالي = التكلفة الإجمالية

$$p D' = C_F + c_v D'$$

$$D' = \frac{C_F}{(p - c_v)} \qquad (13.2)$$

و

$$D' = \frac{\$2,024,000}{\$85.56 - \$62} = 85,908 \text{ (ساعة في السنة)}$$

$$D' = \frac{85,908}{160,000} = 0.537,$$

أو 53.7% من الطاقة.

(ب) إن تخفيضاً مقداره 10% في C_F يعطي:

$$D' = \frac{0.9(\$2,024,000)}{\$85.56 - \$62} = 77,318 \text{ (ساعة في السنة)}$$

و

$$\frac{85,908 - 77,318}{85,908} = 0.10,$$

أو تخفيض 10% في D'.

إن تخفيضاً مقداره 10% في c_v يعطي:

$$D' = \frac{\$2,024,000}{[\$85.56 - 0.9(\$62)]} = 68,011 \text{ (ساعة في السنة)}$$

و

$$\frac{85,908 - 68,011}{85,908} = 0.208,$$

أو تخفيضاً مقداره 20.8% على D'.

يعطي تخفيض قدره 10% على كل من C_F وc_v:

$$D' = \frac{0.9(\$2,024,000)}{[\$85.56 - 0.9(\$62)]} = 61,210 \text{ (ساعة في السنة)}$$

و

$$\frac{85,908 - 61,210}{85,908} = 0.278,$$

أو تخفيضاً قدره 28.7% على D'.

إن زيادة قدرها 10% على p تعطي:

$$D' = \frac{\$2,024,000}{[1.1(\$85.56) - \$62]} = 63,021 \text{ (ساعة في السنة)}$$

$$\frac{85,908 - 63,021}{85,908} = 0.266,$$

أو تخفيضاً قدره 26% على D'.

وهكذا فإن نقطة التعادل هـي أكثر حساسية للتخفيض علـى التكلفة المتغيرة فـي الساعة الواحدة منها للتخفيض على التكلفة الثابتة بنفس النسبة، ولكن لا بد من السعي لتخفيض التكلفة فـي كلا الحقلين. إضافة إلى ذلك، لاحظ أن نقطة التعادل في هذا المثال تتحسس بقدر كبير لسعر المبيع للوحدة p. تلخص هذه النتائج كما يلي:

تغير في قيمة العامل (أو العوامل)	انخفاض في نقطة التعادل
انخفاض بنسبة 10% على C_F	10.0%
انخفاض بنسبة 10% على c_V	20.8
انخفاض بنسبة 10% على C_F و c_V	28.7
زيادة بنسبة 10% على p	26.6

يمكن تحديد نقطة التعادل في نظام تشغيل ما بوحدات المخرجات، أو بنسبة استخدام الطاقة، أو بحجم المبيعات (الطلب). في الجزء (آ) من المثال 2-8، حسبت نقطة التعادل D' بوحدات الخرج (85,908 ساعة خدمة معيارية سنوياً)، ثم باستخدام الرقم الإجمالي للمقدرة (160,000 ساعة سنوياً)، عبر عنها أيضاً كنسبة استخدام الطاقة (53.7%). وبدلالة حجم المبيعات، تكون نقطة التعادل في المثال 2-8 هي: $85.56 (85,908) = $7,350,288

غالباً ما يولّد تنافس السوق ضغطاً لتخفيض نقطة التعادل في عملية ما. وكلما انخفضت نقطة التعادل، قلّ احتمال حدوث خسائر أثناء تقلبات السوق. كما أنه إذا ظل سعر البيع ثابتاً (أو ازداد)، فإن ربحاً أكبر يتحقق في أي مستوى من مستويات التشغيل فوق نقطة التعادل المخفّضة.

4.2 أمثلةُ التصميم الموجه بالتكلفة

كما بينا في الفقرة 8.2.2، على المهندسين المحافظة على وجهة نظر *الدورة الحياتية* (أي "من المهد إلى اللّحد") عند قيامهم بتصميم المنتجات والعمليات والخدمات. فمثل هذه النظرة الشمولية المتكاملة تضمن أن يأخذ المهندسون بالحسبان التكاليف الاستثمارية الأولية، ونفقات التشغيل والصيانة والنفقات السنوية الأخرى للسنوات التالية، وأخيراً النتائج البيئية والاجتماعية المترتبة على تصاميمهم طوال فترة حياتها. والواقع أن حركة تدعى بـ *"التصميم المنسجم مع البيئة"* (DFE)، أو *"الهندسة الخضراء"*، تهدف من بين أمور أخرى إلى الوقاية من الفضلات وتحسين انتقاء المواد وإعادة استخدام أو تدوير الموارد. فالتصميم للحفاظ على الطاقة مثلاً فرع من فروع الهندسة الخضراء. مثال آخر هو تصميم مصدّ سيارة يمكن إعادة تدويره بسهولة. وكما ترون، فإن *التصميم الهندسي هو فن يقاد (أو يوجّه) اقتصادياً*.

إن الحد الأدنـى من تكلفة الدورة الحياتية، المتناغمة مع اعتبار باقي العوامل، هو هدف تحقق إلى حد بعيد في المراحل المبكرة من التصميم. وإن الموقف القائل بأن باستطاعة المهندس أن يطور شيئاً قابلاً للعمل، ثم يفكر فيما بعد بالسيطرة على التكلفة، إنما هو محض وهم، والسبب هو أنه عندما تكون معظم متطلبات التشغيل قد بنيت داخل التصميم، يكون

عدد من أفضل الفرص السانحة لتخفيض التكاليف قد ضاعت. يمكن للمهندسين تحقيق الكثير على طريق الوصول إلى هدف تخفيض تكاليف الدورة الحياتية إن هم تذكروا فقط أهمية هذا الهدف!

تعج الممارسة الهندسية بالأمثلة على تخفيض التكلفة إلى الحد الأدنـى بواسطة التصميم الفعال. انظر إلى تصميم مبادل حراري حيث تؤثر المواد المستخدمة في تصنيع الأنابيب والشكل العام في التكلفة وفي انتشار الحرارة. إن المسائل التـي نبحثها في هذه الفقرة والتـي عبرنا عنها على أنها "أمثلة التصميم الموجه بالتكلفة" هي مجرد نماذج تصميم، الهدف منها إظهار أهمية التكلفة في عملية التصميم. تظهر هذه المسائل الإجراء المتبع في تحديد التصميم الأمثل باستخدام مفاهيم التكلفة. سنبحث مسائل أمثلة متقطعة ومستمرة تحتوي على متحول تصميمي واحد X. يدعى هذا المتحول أيضاً "*موجه تكلفة أولي*" primary cost driver، وقد تسمح معرفة سلوكه للمصمم بالتعامل مع جزء واسع من سلوك التكلفة الإجمالية.

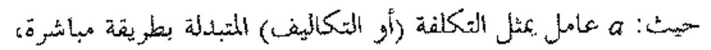
المهمتان الرئيستان في مسائل التصميم الأمثل الموجه بالتكلفة هما:

1. تحديد القيمة المثلى لمتحول تصميم بديل معين. مثلاً، ما هي سرعة الطائرة التي تخفض إلى الحد الأدنـى التكاليف الإجمالية السنوية الناجمة عن امتلاك وتشغيل الطائرة.
2. انتقاء أفضل البدائل، ولكل منها قيمة متحول تصميم خاصة ووحيدة. مثلاً، ما هي أفضل سماكة للمادة العازلة لمنـزل في فرجينيا: R11 أم R19 أم R30 أم R38 ؟

تتألف نماذج التكلفة المطورة في هذه المسائل عموماً من ثلاثة أصناف من التكاليف:

1. تكلفة (أو تكاليف) ثابتة
2. تكلفة (أو تكاليف) تتغير بطريقة *مباشرة* مع متحول التصميم
3. تكلفة (أو تكاليف) تتغير بطريقة غير *مباشرة* مع متحول التصميم

هذا شكل مبسط لنموذج التكلفة بمتحول تصميم واحد:



$$Cost = aX + \frac{b}{X} + k, \qquad (14.2)$$

حيث: a عامل يمثل التكلفة (أو التكاليف) المتبدلة بطريقة مباشرة،

b عامل يمثل التكاليف المتبدلة بطريقة غير مباشرة،

k عامل يمثل التكاليف الثابتة

X يمثل متحول التصميم الذي هو في قيد الدرس (أي الوزن أو السرعة).

في مسألة محددة، يمكن في الواقع للعوامل a وb وk أن تمثل حاصل جمع مجموعة تكاليف في تلك الفئة، ويمكن رفع متحول التصميم إلى أس معين للتكاليف المتبدلة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على حد سواء[4].

تحدد الخطوات التالية طريقة عامة لأمثلة تصميم ما بدلالة التكلفة:

1. حدِّد متحول التصميم الذي يُعدّ موجِّه التكلفة الأولي (مثلاً: قطر الأنبوب، أو سماكة العزل).

---

[4] هناك نموذج أعم هو: $Cost = k + ax + b_1x^{e1} + b_2x^{e2} + ...$ حيث تعبر $e_1 = -1$ عن التكاليف التـي تتغير عكساً مع X، وتبين $e_2 = 2$ التكاليف التـي تتغير بدلالة مربع X، وهكذا.

2. اكتب معادلة تعبر عن نموذج التكلفة بدلالة متحول التصميم.
3. اجعل المشتق الأول لنموذج التكلفة بدلالة متحول التصميم المستمر يساوي الصفر. وفي حالة متحولات التصميم المتقطعة، احسب قيمة نموذج التكلفة لكل قيمة متقطعة بالنسبة لمجموعة منتقاة من القيم الممكنة.
4. حل المعادلة الموجودة في المرحلة 3 عند القيمة المثلى لمتحول التصميم المستمر[5]. فيما يتعلق بمتحولات التصميم المتقطعة، تكون القيمة المثلى هي التي لها قيمة التكلفة الدنيا الواردة في المرحلة 3. سنستخدم كذلك في المثال 2-10إجراء تزايدياً لانتقاء متحول التصميم المتقطع ذي القيمة الفضلى. (التحليل التزايدي موضوع هام جداً نتناوله في الفصل الخامس). تماثل هذه الطريقة أخذ المشتق الأول لمتحول تصميم مستمر ومساواته بالصفر لتحديد قيمة مثلى.
5. استخدم في متحولات التصميم المستمرة المشتق الثاني لنموذج التكلفة بدلالة متحول التصميم، كي تحدد فيما إذا كانت القيمة المثلى التي حصلنا عليها في المرحلة 4 توافق القيمة العظمى الشاملة أو القيمة الصغرى الشاملة.

المثال 2-9

تتغير تكلفة تشغيل طائرة ركاب مجهزة بمحرك نفاث بدلالة سرعتها مرفوعة إلى القوة 2/3؛ تحديداً $C_O = knv^{3/2}$، حيث n طول الرحلة بالأميال، وk ثابت التناسب، وv السرعة مقدرة بالميل في الساعة. من المعروف أن متوسط تكلفة التشغيل عند سرعة 400 ميل/الساعة هي 300$ بالميل. تريد الشركة التي تملك الطائرة أن تخفض تكلفة التشغيل إلى الحد الأدنى، لكن هذه التكلفة يجب أن توازن مقابل تكلفة وقت المسافرين (C_C) والتي حددت بـ 300,000$ في الساعة.
(آ) عند أية سرعة يجب التخطيط للرحلة لتخفيض التكلفة الإجمالية إلى الحد الأدنى والتي هي مجموع تكلفة تشغيل الطائرة وتكلفة وقت المسافرين؟
(ب) كيف تعرف إن كان جوابك على المسألة في الجزء (آ) يخفض التكلفة الإجمالية إلى الحد الأدنى؟

الحل:

إن معادلة التكلفة الإجمالية (C_T) هي:

$C_T = C_O + C_C = knv^{3/2} + (\$300{,}000)$ في الساعة $\left(\frac{n}{v}\right)$ حيث تقدر (n/v) بواحدة الزمن (ساعة).

نحل الآن للحصول على قيمة k:

$$\frac{C_O}{n} = kv^{3/2}$$

$$\frac{\$300}{\text{mile}} = k\left(400\frac{\text{miles}}{\text{hour}}\right)^{3/2}$$

$$k = \frac{\$300/\text{mile}}{\left(400\frac{\text{miles}}{\text{hour}}\right)^{3/2}}$$

[5] إذا وجدت نقاط مثلى متعددة (نقاط ثابتة) في الخطوة 4، فإن إيجاد القيمة المثلى الشاملة لمتحول التصميم سيتطلب جهداً إضافياً. تنص إحدى الطرق على استخدام كل جذر في معادلة الاشتقاق الثانية، وتعيين كل نقطة كقيمة عظمى أو صغرى على أساس إشارة المشتق الثاني. وهناك طريقة أخرى تقوم على استخدام كل جذر في تابع الهدف (الغرض)، ثم رؤية أية نقطة تحقق بوجه أفضل تابع الهدف.

$$k = \frac{\$300/\text{mile}}{800\left(\frac{\text{hours}^{3/2}}{\text{miles}^{3/2}}\right)}$$

$$k = \$0.0375\frac{\text{miles}^{3/2}}{\text{hour}^{5/2}}$$

وبالتالي:

$$C_T = \left(\$0.0375\frac{\text{hours}^{3/2}}{\text{miles}^{5/2}}\right)(n\ \text{miles})\left(v\frac{\text{miles}}{\text{hour}}\right)^{3/2} + \left(\frac{\$300{,}000}{\text{hour}}\right)\left(\frac{n\ \text{miles}}{v\frac{\text{miles}}{\text{hour}}}\right)$$

$$C_T = \$0.0357nv^{3/2} + \$300{,}000\left(\frac{n}{v}\right)$$

بعدئذ، يؤخذ المشتق الأول:

$$\frac{dC_T}{dv} = \frac{3}{2}(\$0.0375)\ nv^{1/2} - \frac{\$300{,}000n}{v^2} = 0$$

إذن:

$$0.05625v^{1/2} - \frac{300{,}000}{v^2} = 0$$

$$0.05625v^{5/2} - 300{,}000 = 0$$

$$v^{5/2} = \frac{300{,}000}{0.05625} = 5{,}333{,}333$$

$$v^* = (5{,}333{,}333)^{0.4} = 490.68\,\text{mph}$$

أخيراً، نفحص المشتق الثانـــي لنتأكد أننا حصلنا على حل تكلفة دنيا:

$$\frac{d^2C_T}{dv^2} = \frac{0.028125}{v^{1/2}} + \frac{600{,}000}{v^3}$$ في حالة $v > 0$، ولذا فإن: $\frac{d^2C_T}{dv^2} > 0$

تستنتج الشركة أن سرعة تساوي 490.68 ميل في الساعة تخفض التكلفة الإجمالية لرحلة هذه الطائرة تحديداً إلى الحد الأدنـــى.

المثال 2-10

يتناول هذا المثال مسألة أمثلة اقتصادية متقطعة وهـــي تحديد أكثر الكميات اقتصادية اللازمة في عزل سقف منـــزل واسع في فرجينيا مؤلف من طابق واحد. إن الحرارة المفقودة من سقف منـــزل مؤلف من طابق واحد هي بوجه عام كالتالي:

الحرارة المفقودة = (الفرق بين درجتـــي الحرارة بالفهرنهايت) (المساحة بالقدم المربع) (الناقلية)

أو:

$$Q = (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \cdot A \cdot U$$

حيث: T_{in} درجة الحرارة الداخلية (فهرنهايت F).

T_{out} درجة الحرارة الخارجية (فهرنهايت F).

A المساحة (قدم مربع ft^2)

U الناقلية $\left(\frac{Btu/hour}{ft^2-F^\circ}\right)$

في جنوب غرب فرجينيا، يصل عدد أيام التدفئة تقريباً إلى 230 يوم، وتبلغ التدفئة السنوية المقدرة بدرجة حرارة-يوم: 4,370 = (65°F – 46°F) 230 درجة حرارة – يوم في العام. وهنا يفترض أن 65° درجة فهرنهايت هي متوسط درجة الحرارة في الداخل، و46° درجة فهرنهايت هي متوسط درجة الحرارة في الخارج كل يوم.

لنفترض أن مساحة المنـــزل 2,400 قدم مربع في بلاكسبورغ Blacksburg وأنه مؤلف من طابق واحد. إن حمولة تدفئة – المكان السنوية النموذجية لمنـــزل بهذا الحجم هي: $100\ Btu \times 10^6$ أي أننا بدون عزل السقف نخسر حوالي $100\ Btu \times 10^6$ سنوياً[6]. يملي المنطق السليم وجوب استبعاد بديل "عدم العزل" لكونه غير مستحب.

سيؤدي وضع عازل في السقف إلى تخفيض كمية الحرارة الضائعة كل عام. وتعتمد قيمة التخفيض في الطاقة والنتائج المترتبة على إضافة العزل وتخفيض ضياع التدفئة على نوع المولد الحراري المنـــزلي المركّب. نفترض في المثال الذي بين أيدينا أن متعهد البناء قام بتركيب فرن كهربائي مقاوم electrical resistance furnace كفاءته 100%.

نحن الآن في وضع يسمح لنا بالإجابة على السؤال التالي: ما هي أكثر كميات العزل اقتصادية؟ نحتاج إلى معطيات إضافية، ألا وهي تكلفة الكهرباء، أي $0.074 لكل كيلوواط ساعة. يمكن تحويل هذه القيمة إلى دولارات لكل 10^6 Btu كما يلي (الكيلوواط الساعة يساوي 3,413Btu):

$$\frac{\text{kWh}}{3{,}413\ \text{Btu}} = 293\text{kWh per million Btu}$$

$$\frac{293\ \text{kWh}}{10^6\ \text{Btu}}\left(\frac{\$0.074}{\text{kWh}}\right) \cong \$21.75/10^6\ \text{Btu}$$

تعطى تكلفة عدة بدائل للعزل وحمولات التدفئة الموافقة لها والعائدة لهذا المنـــزل في الجدول التالي:

	كمية العزل			
	R11	R19	R30	R38
تكلفة الاستثمار	$600	$900	$1,300	$1,600
حمولة التدفئة السنوية (Btu/سنة)	74×10^6	69.8×10^6	76.2×10^6	66.2×10^6

وبموجب هذه المعطيات، أيّ كمية من عزل السقف أكثر اقتصادية؟ يقدر عمر العزل بـــ 25 عاماً.

الحل:

أنشئ جدولاً لدراسة التكاليف الإجمالية للدورة الحياتية:

---

[6] $100\times10^6\ \text{Btu/year} \cong \left(\frac{4{,}370^\circ\text{F}-\text{days/year}}{1.00\ \text{efficiency}}\right)(2{,}400\ \text{ft}^2)(24\ \text{hours/day})\left(\frac{0.397\ \text{Btu/hr}}{\text{ft}^2-{}^\circ\text{F}}\right)$ ، حيث 0.397 هو المعامل U من دون عزل.

	R11	R19	R30	R38
آ. تكلفة الاستثمار	$600	$900	$1,300	$1,600
ب. تكلفة فقدان الحرارة سنوياً	$1,609.50	$1,518.15	$1,461.60	$1,439.85
ج. تكلفة فقدان الحرارة على مدى 25 عاماً	$40,237.50	$37,953.75	$36,540	$35,996.25
د. تكلفة الدورة الحياتية الإجمالية (آ + ج)	$40,837.50	$38,853.75	$37,840	$37,596.25

الجواب: لتخفيض التكاليف الإجمالية طوال الدورة الحياتـــي إلى الحد الأدنـــى، اختر نوع العزل R38.

حل آخر

هناك طريقة أخرى لانتقاء أفضل بديل من مجموعة متقطعة، وهي دراسة الاختلافات المتزايدة Δ فيما بينها (تذكّر المبدأ 2 في الصفحة 5) عندما ترتب البدائل من تكلفة الاستثمار الأخفض إلى تكلفة الاستثمار الأعلى. نوضح هذا الإجراء هنا ونعود إليه في الفصل 5.

نبدأ بدراسة الاقتصاد الإجمالي في الطاقة على 25 عاماً لكل كمية عزل مضافة، مطروحاً منه تكلفة الاستثمار المضافة المرتبطة بكل كمية من العزل.

تقود الأسئلة التالية لحساب المبادلات ذات الصلة التـــي تنطوي عليها المسألة:

1. ما مقدار الاقتصاد الذي نحصل عليه إن قورنا العزل بواسطة R19 بدلاً من R11؟

Δ (R19-R11) Δ استثمار = $300

Δ الاقتصاد/سنة = $91.35 = [−1,518.15 − (−1,609.5)]

Δ الاقتصاد على مدى 25 عاماً = $2,283.75

باستخدام R19 بدلاً من R11، يكون الاقتصاد الإجمالي الصافي على مدى 25 عاماً هو $1,983.75.

2. ما هو الاقتصاد الإجمالي الصافي الذي نحققه باختيارنا R30 بدلاً من R19؟

Δ (R30-R19) Δ استثمار = $400

Δ الاقتصاد/سنة = $56.55 = [−1,461.60 − (−1,518.15)]

Δ الاقتصاد على مدى 25 عاماً = $1,413.75

يبلغ الاقتصاد الإجمالي الصافي على مدى 25 عاماً $1,013.75.

3. أخيراً، ما الوفر الصافي الذي يتحقق إذا أضفنا الكمية العظمى من العزل (R38) بدلاً من (R30)؟

Δ (R38-R30) Δ استثمار = $300

Δ الاقتصاد/سنة = $21.75 = [−1,439.85 − (−1,461.60)]

Δ الاقتصاد على مدى 25 عاماً = $543.75

يبلغ الاقتصاد الكلي الصافي على مدى 25 عاماً $243.75 .

إذا تجاهلنا القيمة الزمنية للنقود (وهذا ما سنبحثه في الفصل 3) على مدى فترة الـــ 25 عاماً واخترنا كمية عزل السقف التـــي تعطينا اقتصاداً إيجابياً صافياً، فإن اختيارنا الأفضل (الأكثر اقتصادية) سيكون R38.

تحذير

قد تختلف هذه النتيجة عندما نأخذ بالحسبان في الفصل 3 القيمة الزمنية للنقود (أي معدل فائدة أعلى من الصفر). في مثل هذه الحالة، لن يكون صحيحاً بالضرورة أن زيادة العزل أكثر فأكثر هي الحل الأمثل.

5.2 الدراسات الاقتصادية الحالية

عندما تقارن بدائل إنجاز مهمة محددة على مدى *عام أو أقل*، وعندما يمكن تجاهل أثر الزمن على المال، تسمى التحاليل الاقتصادية الهندسية *دراسات اقتصادية حالية* present economy studies. نشرح في هذه الفقرة عدة حالات تنطوي على دراسات اقتصادية حالية. ستستخدم القواعد أو المعايير التـــي سنشرحها لاحقاً لانتقاء البديل المفضل عندما يكون الخرج الخالي من العيب (الناتج) متحولاً أو ثابتاً فيما بين البدائل المدروسة. إضافة إلى ذلك، لا بد من تحقيق معايير قبول أخرى (منها التوافق مع الأنظمة البيئية، على سبيل المثال).

القاعدة 1:

عندما توجد إيرادات وفوائد اقتصادية أخرى وتختلف بحسب البدائل، اختر البديل الذي يرفع إلى الحد الأقصى الربحية العامة القائمة على عدد الوحدات الخالية من العيوب في منتج أو خدمة ما.

القاعدة 2:

عندما لا توجد إيرادات أو فوائد اقتصادية أخرى أو عندما تكون ثابتة في كل البدائل، خذ بالحسبان التكاليف فقط واختر البديل الذي يخفض إلى الحد الأدنـــى التكلفة الكلية للوحدة الخالية من العيوب في المنتج أو الخدمة المنتجة.

موقع مرافق على شبكة الإنترنت (http://www.prenhall.com/sullivan-engineering): ما الذي يحدث لمخلفات طعام المطاعم؟ تساهم هذه الفضلات في مشكلة مواقع الردم (المكبات) التـــي يتعرض لها العديد من التجمعات السكنية. زر موقع الإنترنت لرؤية *دراسة اقتصادية حالية* لبديل أكثر توافقاً مع المقتضيات البيئية يحول نفايات الأطعمة إلى مكورات غذائية لإطعام الماشية.

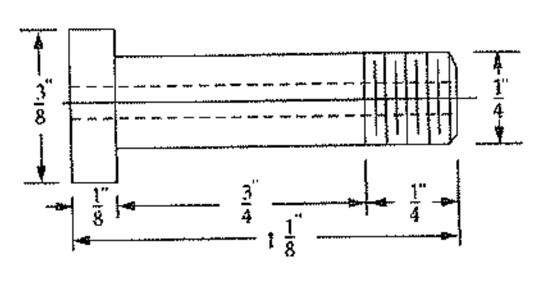
1.5.2 التكلفة الإجمالية في انتقاء المواد

في العديد من الحالات، لا يمكن اعتماد الانتقاء الاقتصادي للمواد على أساس تكاليف هذه المواد فحسب. وغالباً ما يؤثر تغيير المواد على التصميم وعلى تكاليف المعالجة، كما أن تكاليف النقل يمكن أيضاً أن تتبدل.

المثال 2-11

تمثل القطعة التـــي تظهر في (الشكل 8.2) مثالاً جيداً على هذه الحالة، حيث يبلغ الطلب السنوي 100,000 وحدة. تنتج القطعة الظاهرة في الشكل على مخرطة برجية تعمل بسرعة عالية، باستخدام 1112 برغي لولبة فولاذي ثمنها $0.30 للباوند الواحد. وقد أجريت دراسة هدفها تحديد: هل الأرخص استخدام براغي نحاسية ثمنها $1.40 للباوند الواحد؟ لأن وزن الفولاذ المطلوب للقطعة الواحدة 0.0353 باوند، على حين يبلغ وزن النحاس للقطعة الواحدة 0.0384 باوند، وتبلغ تكلفة المادة للقطعة الواحدة المصنوعة من الفولاذ $0.0106، و$0.0358 للقطعة الواحدة المصنوعة من النحاس. ولكن

عندما استشير قسم هندسة التصنيع، وجد أنه بالرغم من تصنيع 57.1 قطعة خالية من العيوب في الساعة الواحدة باستخدام الفولاذ، إلا أن استخدام النحاس ينتج عنه تصنيع 102.9 قطعة خالية من العيوب في الساعة. فأيّ مادة يجب أن تُستخدم لتصنيع هذه القطعة؟



الشكل 8.2: برغي آلات لولبة صغير

الحل:

دفع للعامل المرافق للآلة مبلغ 15.00$ في الساعة، وقدرت التكاليف العامة المتغيرة (الممكن اقتفاؤها) للمخرطة البرجية بـ 10.00$ في الساعة. وعليه فإن مقارنة التكلفة الإجمالية للمادتين يأتي على النحو التالي:

	فولاذ 1112	نحاس
المادة	$0.30×0.0353 = $0.0106	$1.40×0.0384 = $0.0538
العمل	$15.00/57.1 = 0.2627	$15.00/102.9 = 0.1458
التكاليف العامة المتغيرة	$10.00/57.1 = 0.1751	$10.00/102.9 = 0.0972
التكلفة الإجمالية للقطعة	$0.4484	$0.2968
الاقتصاد في القطعة باستخدام النحاس = $0.4484 − $0.2968 = $0.1516		

ولما كان هناك 100,000 قطعة تصنع كل عام، فإن الإيرادات تظل ثابتة على اختلاف البدائل. يكون الاختيار وفقاً للقاعدة 2 للنحاس، ويوفر استخدامه اقتصاداً مقداره 151.60$ لكل ألف قطعة (أي اقتصاداً إجمالياً سنوياً قدره 15,160$). ومن الواضح أن تكاليف أخرى غير تكلفة المادة المستخدمة كان لها أهمية أساسية في الدراسة.

لا بد من توخي الحذر عند القيام بالخيارات الاقتصادية بين المواد للتأكد أن أي اختلاف في تكلفة الشحن أو النتاج أو الخردة الناتجة مأخوذ بالحسبان. غالباً ما لا تأتي المواد البديلة في نفس مقاسات التخزين، كمقاسات الصفائح وأطوال القضبان. وقد يؤثر هذا تأثيراً ملحوظاً على النتاج الذي نحصل عليه من وزن معين للمادة. كذلك قد تختلف الخردة الناتجة باختلاف المواد.

بالإضافة إلى اتخاذ قرار بشأن المادة التي يجب أن يصنع منها المنتج، هناك غالباً أساليب أو آلات بديلة يمكن استخدامها لتصنيع المنتج، وهذا يمكن أن يؤثر بدوره على تكاليف المعالجة. قد تختلف أزمنة المعالجة باختلاف الآلات المنتقاة، وكذلك الأمر بالنسبة للنتاج. وكما يوضح المثال 12.2، يمكن أن ينجم عن هذه الاعتبارات آثار اقتصادية هامة.

المثال 2-12

هناك آلتان تدرسان لإنتاج قطعة ما. إن استثمار رأس المال المرتبط بالآلتين واحد تقريباً ويمكن تجاهله في هذا المثال. الاختلاف الأساسي بين الآلتين يكمن في طاقتهما الإنتاجية (معدل الإنتاج × ساعات الإنتاج المتاحة)، وفي معدلات

الرفض reject rates (نسبة القطع المنتجة التـــي لا يمكن بيعها). انظر إلى الجدول التالي:

	الآلة A	الآلة B
معدل الإنتاج	100 قطعة/ساعة	130 قطعة/ساعة
الساعات المتاحة للإنتاج	7 ساعات/يوم	6 ساعات/يوم
نسبة رفض القطع	%3	%10

تبلغ تكلفة المادة $6.00 للقطعة الواحدة، ويمكن بيع كل القطع المنتجة الخالية من العيوب بـــ $12 للقطعة الواحدة (للقطع المرفوضة قيمة لا تذكر هي قيمة الخردة). تبلغ تكلفة تشغيل كلتا الآلتين $15.00 في الساعة، ويبلغ معدل النفقات العامة المتغيرة التـــي يمكن رصدها $5.00 في الساعة.

(آ) افترض أن الطلب اليومي على هذه القطعة كبير بما يكفي لبيع كل القطع الخالية من العيوب. ما هي الآلة التـــي يجب اختيارها؟

(ب) كم يمكن أن تكون نسبة القطع المرفوضة التـــي تنتجها الآلة B كي تكون مربحة بقدر ما هي عليه الآلة A؟

الحل:

(آ) تطبق القاعدة 1 في هذه الحالة لأن العائدات اليومية الإجمالية (سعر المبيع للقطعة مضروباً بعدد القطع المبيعة في اليوم) والتكاليف اليومية الإجمالية ستتغير بحسب الآلة التـــي يقع عليها الاختيار. لذا علينا انتقاء الآلة التـــي سترفع الربح اليومي إلى الحد الأقصى:

الربح في اليوم = العائدات في اليوم − التكلفة في اليوم

= (معدل الإنتاج) (ساعات الإنتاج) ($12/القطعة).

[1 − (الرفض %/100)]

− (معدل الإنتاج) (ساعات الإنتاج) ($6/قطعة)

− (ساعات الإنتاج) ($15/ساعة + $5/ساعة).

الآلة *A*: الربح في اليوم = (100 قطعة/الساعة) (7 ساعات/اليوم) ($12/القطعة) (1− 0.03)

− (100 قطعة/الساعة)(7 ساعات/اليوم)($6/القطعة) − (7ساعات/اليوم) ($15/الساعة+$5/الساعة)

= $3,308 في اليوم

الآلة *B*: الربح في اليوم = (130 قطعة/الساعة)(6 ساعات/اليوم)($12/القطعة)(1− 0.10)

− (130 قطعة/الساعة)(6 ساعات/اليوم)($6/القطعة)− (6ساعات/اليوم)($15/الساعة+$5/الساعة)

= $3,624 في اليوم

لذا، *اختر الآلة A* لزيادة الربح اليومي إلى الحد الأقصى.

(ب) لإيجاد نسبة التعادل المئوية للقطع المرفوضة *X*، للآلة B، ضع الربح اليومي للآلة A مساوياً للربح اليومي للآلة B، ثم حل من أجل *X*:

$3,308 في اليوم = (130 قطعة/الساعة)(6 ساعات/اليوم)($12/القطعة)(1− *X*)

− (130 قطعة/الساعة)(6 ساعات/اليوم)($6/القطعة) − (6ساعات/اليوم)($15/الساعة+$5/الساعة)

وهكذا فإن *X* = 0.08، وتكون نسبة القطع المرفوضة للآلة B لا يمكن أن تكون أعلى من %8.

2.5.2 السرعة البديلة للآلات

يمكن للآلات غالباً أن تعمل بسرع مختلفة، فينجم عنه معدلات إنتاج مختلفة. بيد أن هذا غالباً ما ينتج عن ترددات مختلفة لفترات توقف الآلات للسماح بخدمتها أو صيانتها، كإعادة شحذها أو تعديلها. يؤدي مثل هذا الوضع إلى قيام دراسات اقتصادية حالية لتحديد سرعة التشغيل المفضلة. نفترض أولاً وجود كمية غير محدودة من العمل الذي يجب إنجازه في المثال 2-13. ثانياً، يوضح المثال 2-14 كيفية التعامل مع كمية ثابتة (محددة) من العمل.

المثال 2-13

نجد مثالاً بسيطاً عن بدائل سرعة الآلات في عملية تسوية (أي قشط) الخشب المنشور. تزداد قيمة لوح الخشب المنشور الذي يوضع عبر المقشطة بحوالي $0.10 لكل قدم من اللوح. عندما تعمل المقشطة بسرعة 5,000 قدم في الدقيقة، لا بد من شحذ النصال (الشفرات) بعد ساعتين من التشغيل، كما يمكن تسوية ألواح الخشب المنشور بمعدل 1,000 *قدم-لوح في الساعة*. عندما تشغل الآلة بسرعة 6,000 قدم/دقيقة، يجب شحذ الشفرة بعد مدة ساعة ونصف الساعة من بدء التشغيل، كما أن معدل التسوية يبلغ 1,200 *قدم-لوح/ساعة*. وفي كل مرة تتغير الشفرات، تتوقف الآلة لمدة خمس عشرة دقيقة. تبلغ تكلفة الشفرات غير المشحوذة $50 للمجموعة، ويمكن شحذها 10 مرات قبل الاستغناء عنها. تبلغ تكلفة الشحذ $10 للمجموعة. طاقم العمل الذي يقوم بعملية القشط هو الذي يبدل ويعيد تركيب الشفرات. ما هي السرعة التي يجب تشغيل المقشطة وفقها؟

الحل:

ولما كانت تكلفة عمل الفريق لا تتغير بحسب تغير سرعة العملية، ولما لم يكن هناك فرق ملحوظ في الاهتراء (البلى) لطول استعمال المقشطة، فليس من اللازم إدخال تلك العوامل في الدراسة.

	القيمة في اليوم الواحد
عند سرعة $5,000 قدم/دقيقة	
زمن الدورة= ساعتين +0.25 ساعة = 2.25ساعة	
عدد الدورات في اليوم = 8÷ 2.25 = 3.555	
القيمة المضافة بالقشط = $0.10 ×1,000×2×3.555 =	$711.00*
تكلفة شحذ الشفرات = $10×3.555 = $35.55	
تكلفة الشفرات = $50×3.555/10= 17.18	
التدفق النقدي الإجمالي للتكلفة	-53.33
صافي زيادة القيمة (الربح) في اليوم	$657.67
عند سرعة $6,000 قدم/دقيقة	
زمن الدورة = 1.5 ساعة + 0.25 ساعة = 1.75 ساعة	
عدد الدورات في اليوم = 8÷ 1.75=4.57	
القيمة المضافة بالقشط = $0.10×1,200×1.5×4.57=	$822.60*
تكلفة شحذ الشفرات = $10×4.57 = $45.70	
تكلفة الشفرات = $50×4.57/10 = 22.85	
التدفق النقدي الإجمالي للتكلفة	-68.55
صافي زيادة القيمة (الربح) في اليوم	$754.05

* تكون الواحدات كالتالي: (دورة/اليوم)(ساعة / الدورة)(قدم لوحي/الساعة)(دولار قيمة/قدم لوحي)= دولار/اليوم)

في مسائل من هذا النوع، يشكل زمن التشغيل إضافة إلى زمن التأخير الناجم عن ضرورات تغيير الأدوات زمناً دورياً يحدد خرج الآلة. يحدد الزمن اللازم لدورة كاملة عدد الدورات التـــي يمكن إنجازها في مدة محددة (خلال يوم واحد مثلاً) ويكون جزء محدد من كل دورة كاملة إنتاجياً. ويكون الزمن الإنتاجي الفعلي هو حاصل ضرب الزمن الإنتاجي لكل دورة بعدد الدورات في اليوم.

وهكذا فمن الأرجح في المثال 2-13 وبناءً على القاعدة 1 أن يكون التشغيل بسرعة 6,000 قدم/دقيقة أكثر اقتصادية، بالرغم مما يتطلبه ذلك من وجوب شحذ الشفرات عدد مرات أكبر.

ولا بد من ملاحظة أن هذا التحليل يفترض إمكانية استخدام الإنتاج الزائد من ألواح نشارة الخشب. فمثلاً إذا كان الإنتاج الأعظمي الذي نحتاجه يساوي أو أقل من الإنتاج الفعلي الذي نحصل عليه من الآلة ذات السرعة الأقل (1,000× 3.555 دورة × 2 ساعة = 7,110 قدم – لوح في اليوم)، فإن القيمة المضافة تكون متساوية في كلتا السرعتين، ويجب أن يستند القرار على السرعة التـــي تخفض التكلفة الإجمالية إلى الحد الأدنـــى.

المثال 2-14

يفترض المثال 2-13 إمكانية بيع كل قدم – لوح من ألواح الخشب المقشوط. وإذا كـــان الطلب محدوداً على الألواح، يمكن القيام بالخيار الصحيح فيما يتعلق بسرعات الآلة اعتماداً على القاعدة 2 *بتخفيض التكلفة الإجمالية* للوحدة المنتجة إلى الحد الأدنـــى. لنفترض الآن أننا نرغب بمعرفة أفضل سرعة آلة عندما يُطلب عمل واحد هو تسوية 6,000 قدم – لوح.

الحل:

في حالة الحاجة إلى كمية قشط ثابتة مقدارها 6,000 قدم – لوح، فإن القيمة المضافة بالقشط تبلغ 6,000 × (‎$0.10‎) = ‎$600‎ لكل سرعة قطع. لذا فإننا نريد تخفيض التكلفة الإجمالية لكل قدم– لوح مقشوط.

عند سرعة قطع 5,000 قدم /دقيقة نحصل على:

زمن الدورة = 2.25 ساعة

الإنتاج في الدورة الواحدة = 2 (1,000) = 2,000 قدم– لوح.

عدد الدورات = 6,000 / 2,000 = 3 أو 6.75 ساعة.

التكلفة الإجمالية = 3 (‎$10‎/دورة) + 3(‎$50‎/10) = ‎$45‎ (التكلفة بالقدم – لوح = ‎$0.0075‎).

عند سرعة قطع 6,000 قدم/ساعة نحصل على:

زمن الدورة = 1.75 ساعة

الإنتاج في الدورة الواحدة = 1.5 (1,200) = 1,800 قدم– لوح.

عدد الدورات = 6,000/1,800 = 3.33، أو 5.83 ساعة.

التكلفة الإجمالية = 3.33 (‎$10‎/دورة) + 3.33(‎$50‎/10) = ‎$50‎ (التكلفة بالقدم – لوح = ‎$0.0083‎).

في حالة إنتاج قدره 6,000 قدم – لوح، انتق سرعة القطع الدنيا (5,000 قدم/دقيقة) لتخفيض التكلفة إلى الحد الأدنى. أثناء 0.92 ساعـــة من الوقت المقتصد فـــي حالة سرعة قطع مقدارها 6,000 قدم/دقيقة، نفترض أن عامل التشغيل يكون خاملاً (أي متوقفاً عن العمل).

3.5.2 دراسات عن التصنيع مقابل (الشراء من مصدر خارجي)[7]

يمكن لشركة أن تقرر على المدى القريب، ولنقل عاماً أو أقل، إنتاج مادة معينة داخلياً، مع إمكانية شرائها من مصدر خارجي والتزود بها عن طريق مورّد بسعر أدنـــى من تكاليف الإنتاج المعيارية للشركة. (انظر الفقرة 4.2.2). يمكن أن يحدث هذا في حال: (1) جرى التعرض للتكاليف المباشرة وغير المباشرة والعامة، بقطع النظر عما إذا كانت المادة تشترى من مورد خارجي، و(2) كانت التكلفة *المتزايدة* لإنتاج المادة داخلياً على المدى القصير أقل من سعر المورد. لذا فإن التكلفة القصيرة المدى ذات الصلة بقرار التصنيع مقابل قرار الشراء الخارجي هي *التكلفة المتزايدة* التـــي يجري التعرض لها و*تكاليف الفرصة البديلة* للموارد التـــي تنطوي عليها.

قد تصبح تكاليف الفرصة البديلة على قدر من الأهمية عندما يتسبب تصنيع مادة ما داخلياً بضياع فرص تصنيع أخرى (وغالباً ما يكون هذا بسبب عدم كفاية القدرة). ولكن، على المدى البعيد غالباً ما تكون استثمارات رأس المال في التصنيع الإضافي وفي زيادة قدرة المصنع بدائل ممكنة عن الشراء من مصدر خارجي. (يُعنـــى الحيز الأكبر من هذا الكتاب بتقدير الكفاءة الاقتصادية لاستثمارات رأس المال المقترحة). ولما كان الاقتصاد الهندسي يتعامل غالباً مع *تغييرات* في العمليات القائمة، فيمكن للتكاليف المعيارية ألا تكون مفيدة جداً في دراسات التصنيع مقابل الشراء من مصدر خارجي. والواقع أنه في حال استخدام التكاليف المعيارية، فإنها يمكن أن تؤدي إلى اتخاذ قرارات غير اقتصادية. يوضح المثال 2-15 الإجراء السليم الواجب اتباعه في دراسات التصنيع مقابل الشراء القائمة على أساس التكاليف المتزايدة.

المثال 2-15

يتألف مصنع من ثلاثة أقسام: A وB وC. يحتل القسم A زاوية من المصنع مساحتها مئة متر مربع. المنتج X واحد من منتجات عدة ينتجها القسم A. إن الإنتاج اليومي للمنتج X يبلغ 576 قطعة. تُظهر سجلات حسابات التكلفة التالية متوسط تكاليف الإنتاج اليومية للمنتج X:

العمل المباشر	(مشغل واحد يعمل مدة 4 ساعات في اليوم بأجر 22.50$/ساعة، ومن ضمنها ذلك المزايا الإضافية، ورئيس عمال أجره 30$/يوم)	$120.00
المادة المباشرة		$86.40
النفقات العامة	(بسعر 0.82$ لكل متر مربع من مساحة الأرضية)	$82.00
	التكلفة الإجمالية في اليوم =	$288.40

عَلِم رئيس العمال في القسم حديثاً بوجود شركة أخرى تبيع المنتج X بمبلغ 0.35$ للقطعة. وبناء على ذلك، قام رئيس العمال بحساب تكلفة يومية مقدارها $0.35(576) = \$201.60$، ينتج عنها اقتصاد يومي قدره $\$288.40 - 201.60 = \$86.80$ لذا فقد اقترح على مدير المصنع إغلاق خط إنتاج المنتج X وشراءه من الشركة الخارجية.

إلا أنه بعد دراسة كل مكون على حدة، قرر مدير المصنع عدم قبول اقتراح رئيس العمال المبنـــي على تكلفة القطعة الواحدة من المنتج X:

1. *العمل المباشر*: لما كان رئيس العمال يشرف على تصنيع منتجات أخرى في القسم A إضافة إلى المنتج X، فإن الاقتصاد

[7] أُوليتْ قرارات الشراء من مصدر خارجي عناية كبيرة. انظر مثلاً: P. Chalos, "Costing, Control, and Strategic Analysis in Outsourcing Decisions," *Journal of Cost Management,* vol.8, no.4 (Winter 1995), pp. 31-37

الوحيد الممكن في العمل يمكن أن يحصل في حال لم يعين المشغل الذي يعمل 4 ساعات على المنتج *X* في مكان آخر بعد إغلاق هذا الخط. ويمكن أن ينتج عن هذا حد أقصى من الاقتصاد مقداره 90.00$/يوم.

2. *المواد*: سيكون الحد الأعلى للاقتصاد في المادة 86.40$. ومع ذلك قد ينخفض هذا الرقم إذا ما حصلنا على بعض مواد المنتج X من فضلات منتج آخر.

3. *التكاليف العامة*: لما كان القسم A يصنع منتجات أخرى، فالأرجح أنه لن يحدث تقليص في مساحة الأرضية الإجمالية اللازمة. لذا لن يكون هناك تخفيض في النفقات العامة نتيجة التوقف عن إنتاج *X*، قُدّر الاقتصاد اليومي للتكاليف العامة المتغيرة المتعلقة بالمنتج *X* بنحو 3.00$ نتيجة تخفيض تكاليف الطاقة وأقساط التأمين.

الحل:

إذا ما توقف إنتاج المادة *X*، فإن المصنع يقتصد على الأكثر 90.00$ في العمالة المباشرة و86.40$ في المواد المباشرة، و3.00$ في التكاليف العامة المتغيرة، أي ما مجموعه 179.40$ في اليوم. إن هذه التقديرات للاقتصاد الفعلي في اليوم أقل من الاقتصاد الكامن الوارد في سجلات حساب التكلفة (288.40$ في اليوم)، ولن يتجاوز مبلغ 201.60$ الذي سيدفع للشركة الخارجية إذا ما اشتري المنتج *X*. لهذا السبب، استخدم مدير المصنع القاعدة 2 ورفض اقتراح رئيس العمال واستمر في تصنيع المنتج *X*.

وبالنتيجة، يُظهر المثال 15.2 كيف أن قراراً خاطئاً يـــمكن أن يتخذ باستخدام تكلفة الوحدة للمنتج *X* من سجلات حساب التكلفة دون تحليلات مفصلة. إن الجزء الثابت لتكلفة القطعة الواحدة من المنتج *X*، وهي تكلفة تبقى وإن توقف إنتاج *X*، لم تحسب كما ينبغي في التحليل الأولي الذي قام به رئيس العمال.

4.5.2 المقايضات trade-offs في دراسات كفاءة الطاقة

تؤثر كفاءة الطاقة في النفقات السنوية المترتبة على تشغيل جهاز كهربائي كمضخة أو محرك. وعادة ما يتطلب جهاز كفء في استخدام الطاقة استثمار رأسمال أعلى من ذاك الذي يتطلبه جهاز ذو كفاءة أقل في استخدام الطاقة، ولكن غالباً ما يعود استثمار رأس المال الإضافي باقتصاد سنوي في نفقات الطاقة الكهربائية يتناسب مع مضخة أخرى أو محرك آخر ذي كفاءة أقل في استخدام الطاقة. سنعكف في عدة فصول من هذا الكتاب على دراسة هذه المقايضة الهامة بين استثمار رأس المال واستهلاك الطاقة الكهربائية السنوي. لذا فإن هدف الفقرة 4.5.2 هو شرح كيفية حساب النفقات السنوية الناجمة عن تشغيل جهاز كهربائي وكيفية مبادلتها بتكلفة استثمار رأس المال.

فعلى سبيل المثال، إن كان باستطاعة مضخة كهربائية إنتاج طاقة معينة مقدرة بالحصان البخاري أو الكيلو واط لاستخدام صناعي، فإن متطلبات (طاقة الدخل) تحدد بتقسيم طاقة الخرج على كفاءة طاقة الجهاز (المردود). تضرب بعد ذلك حاجة الدخل المقدرة بالحصان البخاري أو الكيلو واط بعدد ساعات التشغيل السنوي للآلة، وبتكلفة الوحدة من الطاقة الكهربائية. يمكنكم ملاحظة أنه كلما ازدادت كفاءة المضخة انخفضت التكلفة السنوية لتشغيلها، نسبةً إلى مضخة ذات كفاءة أقل.

المثال 2-16

مضختان قادرتان علـــى إنتاج 100 حصان بخاري (hp) لاستخدام زراعي يجرى تقييمهما في دراسة اقتصادية حالية.

ستستخدم المضخة التـــي يقع عليها الاختيار لمدة عام واحد، ولن يكون لها قيمة في السوق بعد انقضاء هذا العام. تلخص المعطيات ذات الصلة بالموضوع في الجدول التالي:

	المضخة ABC	المضخة XYZ
سعر الشراء	$2,900	$6,200
الصيانة السنوية	$170	$510
الكفاءة (المردود)	%80	%90

إذا كان ثمن الطاقة الكهربائية $0.10/كيلو واط ساعة (kWh) وكانت المضخة ستشغل 4,000 ساعة في العام، فأيّ مضخة يجب أن نختار؟ تذكر أن: (1 hp = 0.746 kW).

الحل:

النفقات السنوية للطاقة الكهربائية للمضخة ABC هي:

(100 hp/0.80) (0.746 kW/hp)($0.10/kWh)(4,000 hr/yr) = $37,300

أما المضخة XYZ، فالنفقات السنوية للطاقة الكهربائية هي: (100 hp/0.90) (0.746 kW/hp)($0.10/kWh)(4,000 hr/yr) = $33,156. لذا تبلغ التكلفة السنوية الإجمالية لامتلاك وتشغيل المضخة (ABC) $40,370، في حين تبلغ تكلفة امتلاك وتشغيل المضخة (XYZ) لعام واحد$39.866. وهكذا يجب انتقاء المضخة XYZ التـــي هي أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة وذلك لتخفيـــض التكلفة السنوية الإجمالية. لاحظ الفرق في نفقات الطاقة السنوية ($4.144) الذي ينتج عن مضخة كفاءتها90% نسبة لمضخة أخرى كفاءتها 80%. إن تخفيـــض التكلفة هذا كفيل بأن يوازن مبلغ الـ $3.300 الإضافية من استثمار رأس المال، ومبلغ $340 من الصيانة السنوية التـــي تتطلبها المضخة XYZ.

6.2 الخلاصة

في هذا الفصل، ناقشنا تقدير التكلفة والمصطلحات والمفاهيم الهامة في الاقتصاد الهندسي. هناك لائحة بالاختصارات الهامة والرموز لكل فصل، في الملحق B. من المهم أن يُفهَم معنـــى واستخدام مختلف مصطلحات ومفاهيم التكلفة حتـــى يصبح بالإمكان التواصل بفعالية مع باقي العاملين في حقل الهندسة والإدارة.

ناقشنا عدداً من المفاهيم الاقتصادية العامة وأوضحناها. تناولنا في البداية أفكاراً تتعلق بالمنتجات والخدمات الإنتاجية والاستهلاكية، ومقاييس النمو الاقتصادي، والمنافسة، والضروريات والكماليات. ثم بحثنا بعض العلاقات القائمة بين التكاليف والسعر والحجم (أي الطلب). كذلك تضمنت مناقشتنا مفاهيم الحجم الأمثل (الطلب) ونقاط التعادل. كذلك شرحنا في هذا الفصل مفاهيم اقتصادية هامة متعلقة بأمثلة التصميم.

إن استخدام الدراسات الاقتصادية الحالية في عملية اتخاذ القرار الهندسي يمكن أن يوفر نتائج مرضية وأن يقتصد كثيراً في جهد التحليل. عندما يصبح بالإمكان إنـــجاز تحليل اقتصادي هندسي مناسب عن طريق الأخذ بالحسبان لمختلف النتائج المالية التـــي تحدث خلال مدة قصيرة (عادة سنة واحدة أو أقل)، فلا بد عندها من استخدام دراسة اقتصادية حالية.

7.2 المراجع

BIERMAN, H., and SMIDT, S. *The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of Investment Projects,* 8th ed. (New York: Macmillan Publishing Co., 1993).

MALIK, S. A., and SULLIVAN, W. G. "Impact of Capacity Utilization on Product Mix and Costing Decisions.," *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 42, no. 2 (May 1995). pp. 171–176.

SCHWEYER, HERBERT E. *Analytic Models for Managerial and Engineering Economics* (New York: Reinhold Publishing Corp., 1964).

8.2 مسائل

الرقم الذي يظهر في نهاية المسألة يدل على الفقرة (الفقرات) التـــي هي أكثر صلة بتلك المسألة في ذاك الفصل.

1.2 تنتج شركة صناعية تعمل في مجال المعالجة مركباً كيميائياً يباع للمصنعين كي يستخدم في إنتاج بعض المنتجات البلاستيكية. يستخدم المصنع المنتج لهذا المركب حوالي 300 شخص. ضع لائحة بستة عناصر تكلفة مختلفة تكون ثابتة، ولائحة مماثلة بستة عوامل تكلفة متغيرة. (2.2)

2.2 ارجع إلى المسألة 1.2 وإلى إجابتك عنها (2.2)

آ. ضع جدولاً يبين عناصر التكلفة التـــي حددتها وصنفتها على أنها ثابتة ومتغيرة. بين أياً من هذه التكاليف هي أيضاً متكررة أو غير متكررة، أو مباشرة أو غير مباشرة.

ب. عين عنصر تكلفة إضافي واحد لكل فئة من فئات التكلفة: المتكررة، وغير المتكررة، والمباشرة، وغير المباشرة.

3.2 صنف كلاً من بنود التكلفة التالية بحسب كونه بوجه عام ثابتاً أو متغيراً: (2.2)

المواد خام

العمالة المباشرة

الاهتلاك

المؤن

المؤسسات ذات المنفعة العامة Utilities

ضرائب الملكية

الرواتب الإدارية

ضرائب جدول الرواتب

التأمين (على البناء والمعدات)

رواتب الكتبة clerical salaries

عمولات المبيعات

الإيجار

الفوائد على الأموال المقترضة

4.2 صف بكلماتك الخاصة مفهوم تكلفة الدورة الحياتية. لماذا يكون احتمال تحقيق اقتصاد في تكلفة الدورة الحياتية أكبر في مرحلة الاكتساب من الدورة الحياتية؟ (2.2)

5.2 اشرح السبب الذي يجعل التنافس المطلق (المثالي) أمراً يصعب نيله في الولايات المتحدة. ضع لائحة بعدد من الحالات التجارية التـــي اقترب فيها من التنافس التام. (3.2)

6.2 تنتج إحدى الشركات لوحات دارات تستخدم في تحديث تجهيزات الحاسوب المتقادمة. تبلغ التكلفة الثابتة شهرياً $42,000، وتبلغ التكلفة المتغيرة $53 لكل لوحة دارة. يبلغ سعر المبيع للقطعة الواحدة: $p = \$150 - 0.02D$ الحد الأقصى لإنتاج المصنع 40,000 قطعة /شهر. (3.2)

آ. عين الحد الأمثل للطلب لهذا المنتج.

ب. ما هو الحد الأقصى للربح في الشهر؟

ج. عند أي حجوم يقع التعادل؟

د. ما هو مجال الطلب المربح للشركة؟

7.2 على افتراض أننا نعلم أن: $p = 1,000 - D/5$ حيث p السعر بالدولار، وD الطلب السنوي. يمكن تقدير التكلفة السنوية الإجمالية بدرجة تقريبية بـــ: $\$1,000 + 2D^2$ (3.2)

آ. عين قيمة D التـــي تزيد الربح إلى الحد الأقصى.

ب. بيّن كيف أن الربح ازداد إلى الحد الأقصى في الجزء (آ)، بدل أن ينخفض إلى الحد الأدنـــى.

8.2 قدرت إحدى الشركات تقريبياً العلاقة بين سعر بيع أحد منتجاتها والكمية المبيعة شهرياً كما يلي: وحدة $D = 780 - 10p$ حيث D = الطلب أو الكمية المباعة شهرياً، وp السعر بالدولار. تبلغ التكلفة الثابتة $800 في الشهر، وتبلغ التكلفة المتغيرة $30 للوحدة المنتجة. ما عدد الوحدات D^* اللازم إنتاجها في الشهر وبيعها لزيادة الربح إلى الحد الأقصى؟ وما هو الحد الأقصى للربح العائد لهذا المنتج في الشهر؟ حدد كذلك D'_1 وD'_2 (3.2).

9.2 قدرت إحدى الشركات أن العلاقة بين سعر الوحدة والطلب في الشهر لمنتج جديد محتمل هو تقريباً: $p = \$100.00 - \$0.10D$ باستطاعة الشركة إنتاج المادة عن طريق زيادة التكاليف الثابتة $17,500 في الشهر، وتبلغ التكلفة المتغيرة المتوقعة $40.00 للوحدة. ما هو الطلب الأمثل D^*؟ واستناداً إلى هذا الطلب، هل يجب على الشركة إنتاج المادة الجديدة؟ لماذا؟ (3.2)

آ. اعمل على إيجاد الحل كاملاً باستخدام حساب التفاضل، بدءاً بصيغة الربح أو الخسارة شهرياً.

ب. حل بيانياً للتوصل إلى جواب تقريبـــي.

10.2 تتفاوض شركة منتجات أخشاب كبيرة على عقد لبيع الخشب الرقائقي في الخارج. تبلغ التكلفة الثابتة التـــي يمكن تخصيصها لإنتاج الخشب الرقائقي $900.000 في الشهر. وتبلغ التكلفة المتغيرة لكل ألف قدم من اللوح $131.50. سيحدد الثمن المطلوب بالعلاقة التالية: $p = \$600 - (0.05)\,D$ وذلك لكل ألف قدم من اللوح. (3.2)

آ. في هذه الحالة، حدد حجم المبيعات الشهرية الأمثل لهذا المنتج، واحسب الربح (أو الخسارة) عند الحجم الأمثل.

ب. ما هو مجال الطلب المربح خلال شهر؟

11.2 تنتج إحدى الشركات وتبيع منتجاً استهلاكياً وقد تمكنت حتـــى الآن من ضبط حجم المنتج بتغيير سعر المبيع. تسعى الشركة لزيادة ربحها الصافي إلى الحد الأقصى. وقد استنتجت أن العلاقة التقريبية بين السعر والطلب في الشهر هي: $D = 500 - 5p$، حيث p هي سعر الوحدة بالدولار. تبلغ التكلفة الثابتة $1,000 في الشهر، والتكلفة المتغيرة $20

للوحدة. أجب على الأسئلة التالية رياضياً وبيانياً: (3.2)

آ. ما هو العدد الأمثل للوحدات التـي يجب أن تنتج وتباع في الشهر؟

ب. ما هو الحد الأقصى للربح في الشهر؟

ج. ما هي كميات المبيعات الموافقة لنقاط التعادل (مجال حجم الطلب المربح)؟

12.2 اعتبرت إحدى الشركات أن السعر والطلب الشهري لأحد منتجاها يرتبطان بالمعادلة التالية:

$$D = \sqrt{(400 - p)}$$

حيث p سعر الوحدة بالدولار، وD الطلب الشهري. تبلغ التكاليف الثابتة $1.125 في الشهر، والتكاليف المتغيرة $100 للوحدة. (3.2)

آ. كم وحدة يجب أن تنتج وتباع كل شهر لزيادة الربح إلى الحد الأقصى؟

ب. كيف تعلم أن الإجابة عن (آ) تزيد الربح إلى الحد الأقصى؟

ج. أي قيمة من القيم التالية لـــ D تمثل نقطة التعادل؟ ولماذا؟ (i) 10 وحدات، (ii) 15 وحدة، (iii) 20 وحدة، (iv) 25 وحدة.

13.2 يجب إقامة موقع للنفايات الصلبة البلدية إما في الموقع A أو في الموقع B. بعد تصنيف بعض المواد الصلبة، ستنقل النفايات إلى معمل للطاقة الكهربائية حيث ستستخدم كوقود. يبين (الجدول P2-13) المعطيات المتعلقة بنقل النفايات من كلا الموقعين إلى المعمل.

الجدول P2-13، جدول المسألة 13.2

	الموقع A	الموقع B
متوسط مسافة النقل	4أميال	3 أميال
قيمة الإيجار السنوي لموقع النفايات الصلبة	$5,000	$100,000
تكلفة النقل	$1.5 لكل يارد^3 – ميل	$1.5 لكل يارد^3 – ميل

آ. إذا كان معمل الطاقة سيدفع $8.00 لكل ياردة مكعبة من النفايات الصلبة المصنفة المسلمة إليه، أين يجب أن يكون موقع النفايات الصلبة؟ استخدم وجهة نظر المدينة وافترض أن 200,000 ياردة مكعبة من النفايات ستنقل إلى المعمل لمدة سنة واحدة فقط. لا بد من انتقاء أحد الموقعين. (2.2)

ب. إشارة إلى معمل الطاقة الكهربائية، فإن التكلفة Y مقدرة بالدولار في الساعة لإنتاج الكهرباء هي: $Y = 12 + 0.3X + 0.27X^2$، حيث تقدر X بالميغا واط. تقدر عائدات بيع الكهرباء بالدولار وفي الساعة الواحدة بالمعادلة التالية: $15X - 0.2X^2$ جد قيمة X التـي تعطي الحد الأقصى من الربح. (3.2)

14.2 تبلغ الطاقة الإنتاجية لأحد المعامل 4.100 مضخة هيدروليكية في الشهر. تبلغ التكلفة الثابتة $504,000، والتكلفة المتغيرة $166 للمضخة الواحدة، وسعر بيع المضخة الواحدة $328 (افترض أن المبيعات تساوي حجم الإنتاج). ما هي نقطة التعادل مقدرة بعدد المضخات في الشهر؟ ما نسبة التخفيض الذي سيحدث بالنسبة لنقطة التعادل إذا خفضت التكاليف الثابتة بنسبة 18%، والتكاليف المتغيرة للوحدة بنسبة 6%؟ (3.2)

15.2 بفرض أن لشركة ABC طاقة إنتاجية (وطاقة بيع) قدرها $1,000,000 في الشهر. تبلغ تكاليفها الثابتة على مدى

حيز كبير من الحجم $350,000 في الشهر، وتكاليفها المتغيرة $0.50 لكل دولار مبيعات. (3.2)

آ. ما الحجم السنوي الموافق لنقطة التعادل D'؟ ارسم مخطط التعادل.

ب. ماذا يكون أثر تخفيض التكلفة المتغيرة للوحدة بنسبة 25% على D'، إذا بذلك ازدادت التكلفة الثابتة بنسبة 10%؟

ج. ماذا يمكن أن يكون الأثر على D' إذا ما انخفضت التكاليف الثابتة بنسبة 10% وازدادت التكلفة المتغيرة للوحدة بنفس النسبة؟

16.2 تنتج إحدى الشركات وتبيع سلعة استهلاكية وهي قادرة على ضبط الطلب الشهري على المنتج عن طريق تعديل سعر البيع. العلاقة التقريبية بين السعر والطلب هي كالتالي:

$$p = \$38 + \frac{2,700}{D} - \frac{5,000}{D^2}, \text{ for } D > 1$$

حيث p سعر الوحدة بالدولار، وD الطلب الشهري. تسعى الشركة لزيادة ربحها إلى الحد الأقصى. تبلغ التكلفة الثابتة $1,000 في الشهر، والتكلفة المتغيرة (c_v) $40 للوحدة. (3.2)

آ. ما عدد الوحدات التـــي يجب أن تنتج وتباع شهرياً لزيادة الربح إلى الحد الأقصى؟

ب. بين كيف أن جوابك على السؤال (آ) يزيد الربح إلى الحد الأقصى.

17.2 يدرس متعهد محلي يعمل في أمور الدفاع إنتاج ألعاب نارية كوسيلة لتخفيف التبعية على العسكريين. تبلغ التكلفة المتغيرة للوحدة $40 ($D$). التكلفة الثابتة التـــي يمكن تخصيصها لإنتاج الألعاب النارية لا تذكر. سيحدد سعر الوحدة تبعاً للمعادلة التالية: $p = \$180 - (5)D$ حيث تمثل D الطلب معبَّراً عنه بعدد الوحدات المبيعة أسبوعياً. (3.2)

آ. ما هو العدد الأمثل للوحدات التـــي يجب على متعهد الدفاع إنتاجها بغية زيادة الربح الأسبوعي إلى الحد الأقصى؟

ب. ما مقدار الربح في حال إنتاج الكمية المثلى من الوحدات؟

18.2 تبلغ التكاليف الثابتة لتشغيل أحد المصانع $2,000,000 في العام، وتبلغ طاقته الإنتاجية 100,000 أداة كهربائية منـــزلية في العام. تبلغ التكلفة المتغيرة $40 للوحدة، ويباع المنتج بمبلغ $90 للوحدة.

آ. أنشئ مخطط التعادل الاقتصادي.

ب. قارن الربح السنوي عند تشغيل المعمل بمعدل 90% من طاقته مع الربح السنوي عند تشغيله بمعدل 100% من طاقته. افترض أن الإنتاج بطاقة 90% يباع بسعر $90 للوحدة، وأن الـــ 10% المتبقية من الإنتاج تباع بسعر $70 للوحدة. (3.2)

19.2 تبلغ التكلفة الثابتة لخط بخار للمتر الواحد من الأنبوب: (في العام) $450 X + $50 تبلغ تكلفة ضياع الحرارة من الأنبوب للمتر الواحد: $\$4.8 / X^{1/2}$ في العام. هنا، تمثل X سماكة العزل بالأمتار، وX متحول تصميم مستمر. (4.2)

آ. ما السماكة المثالية للعزل؟

ب. كيف تعلم أن جوابك على السؤال (آ) يخفض إلى الحد الأدنـــى التكلفة السنوية الإجمالية؟

ج. ما هي المقايضة الأساسية التـــي تمت في هذه المسالة؟

20.2 قدّر مزارع أنه إذا حصد الآن غلته من فول الصويا فإنه سيحصل على 1,000 بوشل (مكيال للحبوب يعادل 8 غالونات أو نحو 32 لتراً ونصف اللتر)، يمكنه بيعها بمبلغ $3.00 للمكيال الواحد. لكنه قدّر كذلك أن الغلة ستزيد

عن الكمية المذكورة بمقدار 1.200 مكيال إضافي من فول الصويا لكل أسبوع يؤخر فيه جنـــي محصوله، إلا أن السعر سيهبط بمعدل 50 سنتاً للمكيال الواحد في الأسبوع. إضافة إلى أنه سيعانـــي على الأرجح من تلف 200 مكيال من المحصول في الأسبوع عن كل أسبوع تأخير للحصاد. متـــى عليه حصاد غلّته للحصول على أعلى عائد نقدي صافٍ؟ وكم سيجنـــي آنذاك ثمناً لغلته؟ (4.2)

21.2 أعطي خريج حديث من كلية الهندسة وظيفة تحديد أفضل معدل إنتاج لنوع جديد من السبك Casting في إحدى المسابك. وبعد القيام بعدة تجارب على تراكيب متعددة لمعدلات الإنتاج الساعية وتكلفة الإنتاج الإجمالية في الساعة، لخص ما توصل إليه في الجدول I (انظر الجدول P2-21). ثم تحدث المهندس إلى أخصائي التسويق في الشركة، فزوده بتقديرات عن سعر البيع لكل سبيكة، بدلالة مخرجات الإنتاج (انظر الجدول II). هناك 8,760 ساعة في العام. (4.2)

آ. ما معدل الإنتاج الذي توصي به لزيادة الربح السنوي إلى الحد الأقصى؟

ب. ما مدى حساسية المعدل المذكور في (آ) للتغيرات في التكلفة الإجمالية للإنتاج في الساعة؟

الجدول **P2-21**

الجدول I	إجمالي التكلفة/ساعة	$1,000	$2,600	$3,200	$3,900	$4,700
	السباكة الناتجة/ساعة	100	200	300	400	500
الجدول II	سعر البيع/سباكة	$20,00	$17,00	$16,00	$15,00	$14,50
	السباكة الناتجة/ساعة	100	200	300	400	500

22.2 تتغير تكلفة تشغيل سفينة كبيرة (C_O) بدلالة مربع سرعتها (v)؛ وتحديداً: $C_O = knv^2$، حيث n هي طول الرحلة بالأميال، وk ثابت تناسب. من المعروف أن متوسط تكلفة التشغيل بسرعة 12 ميل في الساعة يبلغ $100 في الميل. يريد مالك السفينة تخفيض تكلفة التشغيل إلى الحد الأدنـــى، ولكن لا بد من موازنتها بتكلفة الحمولة القابلة للفساد (C_p)، والتـــي حددها الزبون بقيمة $1,500 في الساعة. ما هي السرعة التـــي يجب تسيير الرحلة بها لتخفيض التكلفة الإجمالية (C_T) إلى الحد الأدنـــى، والتـــي هي مجموع تكلفة تشغيل السفينة وتكلفة الحمولة القابلة للفساد؟ (4.2)

23.2 افترض أنك مسافر في رحلة طويلة إلى مسكن جدتك في مدينة سياتل الواقعة على بعد 3,000 ميل من مكان إقامتك. قررت الذهاب بسيارتك الفورد القديمة التـــي تقطع حوالي 18 ميلاً بالغالون الواحد حين تسير بسرعة 70 ميلاً في الساعة. ولما كانت جدتك طباخة ماهرة وكنت تستطيع المبيت وتناول الطعام لديها قدر ما تشاء (مجاناً)، فإنك تريد الوصول إلى سياتل بالطريقة التـــي هي أكثر اقتصادية. إلا أنك قلق أيضاً بسبب معدل استهلاكك للوقود إذا ما سرت بسرعة كبيرة. وكذلك فإن عليك الموازنة ما بين تكاليف الطعام والوجبات الخفيفة والمبيت، وتكلفة الوقود.

ما هي السرعة المتوسطة المثلى التـــي يجب عليك استخدامها لتخفيض تكلفة رحلتك الإجمالية C_T إلى الحد الأدنـــى؟(4.2).

$$C_T = C_G + C_{FSS}$$

حيث:

(تكلفة الوقود C_G): $C_G = n \times p_g \times f$

(تكلفة الطعام والوجبات الخفيفة والمبيت C_{FSS}): $C_{FSS} = n \times p_{fss} \times v^{-1}$

n: طول الرحلة مقيساً بالأميال،

P_g: ثمن الوقود 1.26$ بالغالون،

P_{fss}: متوسط المال المنفق في الساعة = 2$ في الساعة (تكلفة موتيل ووجبات سريعة... إلخ)، أي = 48$ في الـ 24 ساعة.

v: متوسط سرعة سيارة الفورد ميل في الساعة (mph)

$$f = k\, v$$

حيث k ثابت التناسب، وf معدل استهلاك الوقود بالغالون في الميل.

24.2

آ. قارن تكلفة قطعة الغيار المحتملة المنتجة من الآلة A، وB، على افتراض أن كلتيهما تصنعان القطعة بنفس المواصفات. أية آلة تسمح بتكلفة أقل للقطعة؟ افترض أن معدل الفائدة لا قيمة تذكر له.

ب. إذا كان بالإمكان تخفيض تكلفة العمل إلى النصف عن طريق استخدام عاملين بدوام جزئي، أي آلة يجب أن ينصح بها؟

	الآلة A	الآلة B
استثمار رأس المال الأولي	$35,000	$150,000
الحياة	10 أعوام	8 أعوام
قيمة السوق (المستخلصة)	$3,500	$15,000
عدد القطع المطلوبة في العام	10,000	10,000
سعر العمالة بالساعة	$16	$20
الزمن اللازم لصناعة جزء واحد	20 دقيقة	10دقائق
تكلفة الصيانة في العام	$1,000	$3,000

25.2 تم الحصول على النتائج التالية بعد تحليل فاعلية تشغيل آلة إنتاج بسرعتين مختلفتين:

السرعة	المخرجات (عدد القطع في الساعة)	الزمن الفاصل بين عمليتي شحذ (في الساعة)
A	400	15
B	540	10

تكلف مجموعة غير مشحوذة من الأدوات 1.000$ ويمكن أن تسن (تشحذ) 20 مرة. تبلغ تكلفة كل عملية سن 25$ والزمن اللازم لتغيير وإعادة تركيب الأدوات 1.5 ساعة، ويقوم بمثل هذا التغيير شخص متخصص يتقاضى 18$ في الساعة. يتقاضى عامل تشغيل الآلة 15$ في الساعة، تتضمن زمن توقف الآلة لشحذ الأدوات. تفرض مختلف النفقات العامة على الآلة بمعدل 25$ في الساعة، ومنها زمن تغيير الأدوات. سيجرى شوط إنتاجي بحجم ثابت (بقطع النظر عن سرعة الآلة). (5.2)

آ. بأية سرعة يجب تشغيل الآلة لتخفيض التكلفة الإجمالية للقطعة الواحدة؟ اشرح افتراضاتك.

ب. ما هي المبادلة (المقايضة) الأساسية في هذه المسألة؟

26.2 يمكن استخدام فولاذ العدد tool steel أو استخدام الفولاذ الكربونـــي لمجموعة أدوات مخرطة ما. من الضروري تسنين الأدوات دورياً. يظهر (الجدول P2-26) المعلومات ذات الصلة بكل نوع منها.

الجدول P2-26 جدول للمسألة 26-2:

	الفولاذ الكربونـــي	**فولاذ العدد**
الإنتاج بالسرعة المثلى	100 قطعة/ساعة	130 قطعة /ساعة
الزمن الفاصل بين شحذ الأدوات	3 ساعة	6 ساعة
الزمن اللازم لتغيير الأدوات	1 ساعة	1 ساعة
تكلفة الأدوات غير المسنونة	$400	$1200
عدد المرات التسي يمكن فيها جلخ الأدوات	10	5

تبلغ تكلفة عامل تشغيل المخرطة $14.00 بالساعة، ومن ضمنها الزمن الذي يستغرقه تغيير الأدوات والذي يكون فيه عاطلاً عن العمل. تكلفة عامل التغيير $20.00 في الساعة ولا يتقاضى أجراً إلا على الزمن الذي يعمل فيه في تغيير العدة. تبلغ تكاليف العامة المتغيرة للمخرطة $28.00 في الساعة، ومن ضمنها زمن تغيير العدة. أي نوع من الفولاذ يجب أن يُستخدم لتخفيف التكلفة الإجمالية للقطعة الواحدة؟ (5.2)

27.2 يمكن لآلة أوتوماتيكية أن تشغَّل بثلاث سرعات فتعطي النتائج التالية:

السرعة	**الإنتاج (عدد القطع في الساعة)**	**الزمن الفاصل بين شحذ العدة (مقيساً بالساعة)**
A	400	15
B	480	12
C	540	10

تبلغ تكلفة مجموعة من الأدوات غير المسنونة $500 ويمكن جلخها 20 مرة. تكلفة كل عملية جلخ $25. الزمن اللازم لتغيير وإعادة تركيب الأدوات 1.5 ساعة، وعملية التغيير هذه يقوم بها عامل يتقاضى $8.00 في الساعة. تبلغ النفقات العامة المتغيرة للآلة $3.75 في الساعة، ومن ضمنها زمن تغيير الأدوات. بأية سرعة يجب تشغيل الآلة لتخفيف التكلفة الإجمالية للقطعة الواحدة إلى الحد الأدنـــى؟ المبادلة الأساسية في هذه المسألة هي بين معدل الإنتاج (عدد القطع المنتجة في الساعة) ومعدل استخدام العدة. (5.2)

28.2 تدرس إحدى الشركات حالة مفاضلة بين صناعة مقابل شراء عنصر أساسي (مكون) يستخدم في عدة منتجات، وقد طور قسم الهندسة المعطيات التالية:

الخيار A: اشتر 10,000 قطعة سنوياً بسعر ثابت مقداره $8.50 للقطعة الواحدة. إن تكلفة القيام بهذا الطلب لا تذكر حسب إجراء حساب التكلفة الحالي.

الخيار B: صنع 10,000 قطعة في العام مستخدماً الطاقات المتوفرة في المصنع. تقديرات التكلفة هي: مواد مباشرة $5.00 للوحدة، وعمالة مباشرة $1.50 للوحدة. خصصت نفقات التصنيع العامة بنسبة 200% من تكلفة العمالة المباشرة ($3.00 للوحدة).

آ. استناداً إلى هذه المعطيات، هل يجب شراء القطعة أم تصنيعها؟ (5.2)

ب. إذا كان بالإمكان إسناد تكاليف التصنيع العامة مباشرة لهذه القطعة – ومن ثم تفادي نسبة الـــ 200% من

النفقات الإضافية - وإذا بلغت قيمتها $2.15 للقطعة، فبأي خيار ينصح؟ (النفقات العامة القابلة للإسناد ممكنة من خلال إجراء حساب تكلفة مبنـــي على الفعالية، وتزداد وفق تصنيع القطعة، وتتألف من عناصر تكلفة كتدريب العاملين، وصيانة الأدوات، وضبط الجودة، والإشراف والمنشآت). تبلغ قيمة التكلفة العامة التـــي يمكن تتبعها والمرتبطة بشراء تلك القطعة (شهادة البائع وعلامة الإسناد وغيرها...) $0.50 للقطعة.

29.2 عند تصميم مبادل حراري لسيارة ما، للمهندس الخيار في استخدام إما خليطة من النحاس الأصفر والنحاس المصبوب، وإما قالب من البلاستيك. تقدم كلتا المادتين الخدمة نفسها. إلا أن وزن النحاس المصبوب 25 باوند، على حين وزن القالب البلاستيكي 20 باوند. فرضت على كل باوند إضافي في وزن السيارة غرامة مقدارها $6 لحساب زيادة استهلاك الوقود خلال دورة السيارة الحياتية. تبلغ تكلفة الباوند الواحد من خليط النحاس $3.35، على حين تبلغ تكلفة القالب البلاستيكي $7.40 للباوند. تكلفة التصنيع الآلي لكل صبة من خليط النحاس $6.00. أية مادة يجب على المهندس أن يختار، وما هو الفرق من حيث تكاليف الوحدة؟ (5.2)

30.2 درست عمليتان لإنتاج قطعة الغيار R-193. استثمار رأس المال المرتبط بالعمليتين واحد. وتزداد قيمة كل قطعة مكتملة بمقدار $0.40 للقطعة.

تنتج العملية الأولى 2,000 قطعة في الساعة. بعد كل ساعة تشغيل لا بد لعامل الآلة من تعديل الأدوات. يستغرق هذا التعديل 20 دقيقة. يتقاضى عامل تشغيل الآلة في العملية الأولى $20 في ساعة. (ويتضمن هذا المبلغ المزايا الإضافية التـــي يتمتع بها العامل).

تنتج العملية الثانية 1,750 قطعة في الساعة، لكن الأدوات بحاجة إلى تعديل مرة واحدة فقط كل ساعتين. يستغرق هذا التعديل 30 دقيقة. يتقاضى عامل تشغيل الآلة في العملية الثانية $11 في الساعة (ويتضمن هذا المبلغ المزايا الإضافية التـــي يتمتع بها).

افترض أن طول يوم العمل 8 ساعات، وأن كل القطع التـــي تنتج يمكن أن تباع. (5.2)

آ. بأية عملية يجب أن يوصى، العملية الأولى أم الثانية؟ اشرح كل العمل.

ب. ما هي المقايضة الأساسية في هذه المسألة ؟

31.2 أعد حل المثال 12.2 في الحالة التـــي تخفض فيها طاقة كل آلة تخفيضاً إضافياً بمقدار 25% بسبب الأعطال، والنقص في المواد، وأخطاء التشغيل. في هذه الحالة لا بد من تصنيع 30,000 وحدة من المنتجات الصالحة (الخالية من العيوب) خلال الثلاثة أشهر التالية. افرض وردية عمل واحدة في اليوم وخمسة أيام عمل في الأسبوع. (5.2)

آ. هل يمكن تسليم الطلبية في الوقت المحدد؟

ب. إذا كان من الممكن استخدام إحدى الآلتين (A أو B) فقط في الجزء (آ)، فأي منها يجب استخدامها؟

32.2 ينظر في تصميمين بديلين لمسمار ربط مستدق **tapered**. يباع مسمار الربط الواحد بمبلغ $0.70. كلا التصميمين يؤديان الخدمة بنفس القدر من الجودة ولهما نفس القدر من تكلفة المواد والتصنيع، ما عدا ما يتعلق بعمليات الخراطة والثقب.

يتطلب التصميم (A) 16 ساعة خراطة و4.5 ساعة من الثقب لكل 1,000 وحدة. ويتطلب التصميم (B) 7 ساعات خراطة و12 ساعة ثقب لكل 1,000 وحدة. تكلفة التشغيل المتغيرة للمخرطة، ومن ضمنها العمالة $18.60 في

الساعة، وتكلفة التشغيل المتغيرة للمثقب، ومن ضمنها العمالة 16.90$ في الساعة. أخيراً هناك تكلفة غائرة مقدارها 5,000$ للتصميم A، و9,000$ للتصميم B، وذلك بسبب قدم الأدوات. (5.2)

آ. أي التصميمين يجب اعتماده إذا كان حجم المبيعات 125,000 وحدة في العام؟

ب. ما هو الاقتصاد السنوي للتصميم الآخر؟

33.2 يطلب من السائقين في بعض البلدان قيادة سياراتهم ومصابيحهم الأمامية مضاءة طوال الوقت. وقد بدأت شركة جنرال موترز بتزويد سياراتها بمصابيح تعمل أثناء النهار. قد يتفق معظم الناس على أن قيادة السيارة ليلاً بمصابيح أمامية مضاءة هو أمر يستحق التكلفة بالنسبة لاستهلاك الوقود الإضافي ولاعتبارات السلامة. بدلالة المعطيات التالية وأية افتراضات إضافية ترى أنها ضرورية، حلّل فعالية التكلفة لقيادتك السيارة ومصابيحك الأمامية مضاءة نهاراً، وذلك عن طريق إجابتك على الأسئلة التالية [فعال للتكلفة تعني أن المنافع تفوق التكاليف]: (5.2)

75% من القيادة تجري أثناء النهار.

2% من استهلاك الوقود سببه الإضافات (المذياع والمصابيح الأمامية وغيرها...).

تكلفة الوقود = 1.15$/غالون.

متوسط المسافة المقطوعة في السنة = 15,000 ميل.

متوسط التكلفة للحادث الواحد = 2,500$.

ثمن شراء المصابيح الأمامية = 25.00$ للزوج.

متوسط زمن تشغيل السيارة في العام = 350 ساعة تشغيل.

متوسط عمر المصابيح الأمامية = 200 ساعة تشغيل.

متوسط استهلاك الوقود = غالون واحد لكل 30 ميل.

آ. ما هي التكاليف الإضافية التي تتحملها عندما تقود سيارتك والمصابيح الأمامية مضاءة أثناء النهار؟

ب. ما هي المنافع التي تجنيها عندما تقود سيارتك والمصابيح الأمامية مضاءة أثناء النهار؟

ج. ما هي الافتراضات الإضافية التي قد تحتاجها لاستكمال تحليلك؟

د. هل قيادتك السيارة والمصابيح الأمامية مضاءة أثناء النهار أمر يستحق التكلفة؟ احرص على تدعيم رأيك بالحسابات اللازمة.

34.2 افترض أنك مهندس ميكانيكي وأنك تواجه مسألة تصميم قارنة صلدة **rigid coupling** ستستخدم لوصل جذعي آلتين من قياسين مختلفين استجابة لطلب خاص من أحد الزبائن. سيتم إنتاج 40 قارنة (وصلة) فقط، وليس هناك ما يدعو للاعتقاد أنه ستكون هناك طلبية أخرى مماثلة في المستقبل القريب. القارنة بسيطة نوعاً ما ويمكن الحصول عليها من قضيب مدوّر من الفولاذ. يشير قسم التصنيع الهندسي إلى توفر أسلوبي تصنيع. يلخص الجدول التالي المعطيات لبديلي إنتاج القارنة الصلدة بواسطة المخرطة المعدنية من جهة وآلة اللولبة الأوتوماتيكية. التكاليف النسبية للعمليتين الإنتاجيتين

	المخروطة	آلة اللولبة الأوتوماتيكية
معدل الإنتاج	4 قطع/ساعة	18 قطعة/ساعة
تكلفة الآلة	$5 في ساعة	$25 في الساعة
تكلفة التركيب (اليد العاملة)	—	$15
تكلفة التشغيل (اليد العاملة)	$15 في الساعة	$12 في الساعة
تكلفة المواد	مماثل	مماثل
تكلفة المراقبة	مماثل	مماثل

وحيث إن آلة اللولبة الأوتوماتيكية جهاز أكثر تعقيداً وذو استعمالات أكثر تعدداً من المخرطة البرجية، فمن غير المستغرب أن تكون تكلفته الساعية أعلى. وهناك حاجة لعامل ماهر يدير آلة الخراطة، في حين أنه يمكن لعامل أقل مهارة النهوض بأعباء آلة اللولبة الميكانيكية. تكلفة تركيب آلة اللولبة هي ما يدفع لقاء خدمات رجل يمتلك مهارة عالية لتركيب وضبط عملية التشغيل منذ البداية. ثم يستمر عامل التشغيل بعدئذ بتغذية الجهاز بالمادة الخام. لا علاقة لتكاليف المواد الخام والمراقبة بطريقة الإنتاج. وربما تكون أدوات القطع المستخدمة في جهاز اللولبة الأوتوماتيكية أكثر تكلفة من تلك المستخدمة في المخرطة، لأن جهاز اللولبة يعمل بسرعة قطع أكبر. بيد أن اهتراء الأدوات للشوط القصير هذا (40 وحدة) يكاد لا يذكر، ومن ثم فإنه يمكن تجاهل هذه التكلفة. (5.2)

آ. قارن تكلفة إنتاج الوصلات في كل من الطريقتين

ب. كيف تتفاوت تكلفة إنتاج القطعة الواحدة تبعاً لعدد القطع المنتجة؟ أرسم رسماً بيانياً لإيضاح جوابك.

35.2 تؤدي إحدى طرق تطوير منجم يحتوي على حوالي 100,000 طن من المعدن إلى استخراج 62% من مخزون المعدن الخام المتوفر بتكلفة مقدارها$23 للطن الواحد من المواد المزالة. وتقوم طريقة تطوير أخرى على استخراج 50% فقط من مخزون المعدن الخام، لكن التكلفة هنا لا تتجاوز $15 للطن الواحد من المواد المزالة. تستخلص عملية معالجة لاحقة للمعدن الخام المستخرج 300 باوند من المعدن لكل طن من المعدن الخام المعالج، بتكلفة مقدارها $40 للطن الواحد من المعدن الخام المعالج. يمكن بيع المعدن المستخلص بـــ $0.80 للباوند الواحد. ما الطريقة الواجب استخدامها لتطوير المنجم، إذا كان الهدف الذي تسعى إليه هو تحقيق الحد الأقصى من الربح الإجمالي للمنجم؟ (5.2)

36.2 يحتوي ماء المحيط على 0.9 أونس من الذهب في الطن الواحد. تبلغ تكلفة الطريقة A $220 للطن الواحد من المياه المعالجة، وتؤدي إلى استخراج 85% من هذا المعدن. وتبلغ تكلفة الطريقة B $160 للطن الواحد من المياه المعالجة، وتستخرج 65% من هذا المعدن. تتطلب الطريقتان الاستثمار نفسه، وباستطاعتهما إنتاج الكمية نفسها من الذهب كل يوم. إذا كان يمكن بيع الذهب المستخرج بمبلغ $350 للأونس، أي الطريقتين يجب أن تستخدم؟ افترض أن مخزون المحيط من المياه لا محدود. حل هذه المسألة على أساس الربح الناتج عن كل أونس ذهب مستخرج. (5.2)

37.2 أي التعابير هذه صحيحة وأيها خاطئة؟ (انظر كل الفقرات)

آ. رأس المال المستخدم تكلفة متغيرة.

ب. تتجلى أكبر إمكانية لتوفير التكلفة في مرحلة التشغيل من الدورة الحياتية.

ج. إذا تغيرت قدرة (طاقة) عملية ما تغيراً ملحوظاً (منشأة تصنيع مثلاً)، فإن التكلفة الثابتة تتغير بدورها.

د. إن تكلفة الاستثمار الأولية لمشروع ما هي تكلفة غير متكررة nonrecurring.

هـ. إن التكلفة المتغيرة للوحدة المنتجة هي تكلفة متكررة.

و. إن التكلفة غير النقدية هي تدفق نقدي.

ز. للبضائع والخدمات منفعة، لأن لها القدرة على تحقيق الرغبات والحاجات البشرية.

ح. إن الطلب على الأساسيات أقل مرونة من الطلب على الكماليات.

ط. يمكن عادة تخصيص التكاليف غير المباشرة إلى مخرجات محددة أو لفعالية عمل.

ي. عادة ما تجرى الدراسات الاقتصادية الحالية عندما لا تكون القيمة الزمنية للمال عاملاً مهماً في المسألة.

ك. عادة ما تتضمن تكاليف النفقات العامة كل التكاليف غير المباشرة.

ل. يقع الحجم (الطلب) الأمثلي عندما تساوي التكاليف الإجمالية الإيرادات الإجمالية.

م. تحسب التكاليف المعيارية لوحدة الإنتاج سلفاً قبل الإنتاج الفعلي أو تسليم الخدمة.

ن. تؤثر التكلفة الغائرة عادة على الدفق النقدي المنظور ذي الصلة بالحالة.

س. تحتاج الدورة الحياتية لأن تعرف ضمن سياق الحالة المعينة.

ع. يقع أكبر التزام للتكليف في طور الاكتساب من الدورة الحياتية.

38.2 إن أحد مكونات تكلفة الدورة الحياتية لنظام ما هو تكلفة تعطل النظام. يمكن لتكاليف التعطل أن تخفّض عن طريق تصميم نظام أكثر موثوقية. ويمكن كتابة تعبير مبسط لتكلفة الدورة الحياتية C للنظام كتابع لمعدل تعطل النظام:

$$C = \frac{C_1}{\lambda} + C_R \cdot \lambda \cdot t$$

هنا C_1 = تكلفة الاستثمار (دولار لكل ساعة فشل)،

C_R = تكلفة إصلاح النظام،

λ = معدل فشل (إخفاق) النظام (أعطال/ ساعة التشغيل)

t = ساعات التشغيل.

آ. لنفترض أن C_1 وC_R وt ثوابت. اشتق مقداراً جبرياً لـــ λ، وليكن λ^*، بحيث يجعل C أمثلياً. (4.2)

ب. هل توافق المعادلة المشتقة في الجزء آ قيمة C العليا أم الدنيا؟ أظهر كل العمل اللازم لدعم إجابتك.

ج. ما المبادلة التـــي جرت في هذه المسألة؟

39.2 ينتج مصنع لقطع الدراجات الهوائية محاور للعجلات. هناك عمليتان ممكنتان لتصنيع هذه المحاور. معاملات كل طريقة هي التالية:

	العملية الأولى	**العملية الثانية**
معدل الإنتاج	35 قطعة/ساعة	15 قطعة/ساعة
زمن الإنتاج اليومي	4 ساعات/يوم	7 ساعات/يوم
نسبة القطع المرفوضة على أساس المراقبة البصرية	20%	9%

بفرض أن الطلب اليومي على المحاور يسمح ببيع كافة المحاور المنتجة والخالية من العيوب. إضافة إلى أن المحاور المختبرة أو المرفوضة لعلة فيها لا يمكن بيعها.

جد العملية التـــي ترفع الربح اليومي إلى الحد الأقصى، إذا كان كل جزء مصنوع من مواد قيمتها 4$، ويمكن

بيعه بمبلغ 30$. كلا العمليتين مؤتمتتين تماماً، وتحسب التكلفة النفقات العامة المتغيرة بمعدل 40$/ساعة. (5.2)

40.2 محرّض ذهنـــي: ينظّم فرع الطلبة في الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين رحلة مدتها ستة أيام لحضور المؤتمر الوطنـي في ألبانـــي في نيويورك. ولتجهيز المواصلات، سيقوم الفريق باستئجار سيارة إما من تجمع سيارات الولاية The State Tech Motor Pool، وإما من شركة تأجير سيارات محلية. تكلفة الاستئجار من التجمع 0.26$/ميل وليس هناك أجر يومي، كما أن تجمع الولاية للسيارات يتكفل بنفقات الوقود. أما شركة التأجير المحلية، فإنها تطلب مبلغ 25$/يوم و0.14$/ميل، ولكن على الفريق أن يتكفل بنفقات الوقود. عيار وقود السيارة 20 ميل/غالون، ويقدر ثمن الوقود المستخدم بـــ 1.20$/غالون. (3.2)

آ. عند أية نقطة، بالأميال، تتساوى تكلفة الخيارين؟

ب. قام صاحب الشركة الخاصة بإجراء حسم خاص للطلبة وسيعطيهم 100 ميل مجانية يومياً. ما هي نقطة التعادل الجديدة؟

ج. افترض الآن أن تجمع الولاية للسيارات خفض سعره الذي يشمل كل شيء إلى 0.23$/ميل وأن صاحب الشركة الخاصة رفع سعره إلى 25$/يوم وإلى 0.21$/ميل. في هذه الحالة، يريد صاحب الشركة الخاصة تشجيع العمل مع الطلبة، لذا فقد عرض عليهم 1,000 ميل مجانية للأيام الستة كلها التـي تستغرقها الرحلة. وادعى أنه في حال قطعت السيارة مسافة تتجاوز 882 ميل، فإن عرضه لتأجير إحدى سياراته سيكون أفضل للطلبة. فإذا كان الطلبة ينوون قيادة 1,600 ميل (بالإجمال)، فممن عليهم استئجار السيارة؟ وهل ادعاء صاحب الشركة صحيح تماماً؟



علاقات المال – الوقت والتكافؤ

إن الهدف من هذا الفصل هو وصف عائد رأس المال return to capital على صيغة فائدة (أو ربح) وتوضيح كيف تجري حسابات التكافؤ الأساسية بدلالة القيمة الزمنية لرأس المال في دراسات الاقتصاد الهندسي.

نبحث في هذا الفصل المواضيع التالية:

عائد رأس المال

مصادر الفائدة

الفائدة البسيطة

الفائدة المركبة

مفهوم التكافؤ

مخططات/جداول التدفق النقدي Cash-flow

صيغ الفائدة

المتتاليات العددية للتدفقات النقدية

المتتاليات الهندسية للتدفقات النقدية

معدلات الفائدة التي تتغير مع الزمن

معدلات الفائدة الاسمية مقابل معدلات الفائدة الفعلية

التركيب المستمر

1.3 مقدمة

يشير مصطلح *"رأس المال"* إلى الثروة على هيئة نقود أو ممتلكات يمكن استخدامها في إنتاج المزيد من الثروة. تتضمن الغالبية العظمى من دراسات الاقتصاد الهندسي توظيف رأس المال لمدد طويلة من الزمن، لذا فلا بد من أخذ تأثير الزمن بالحسبان. ومن الملاحظ ضمن هذا السياق أن قيمة الدولار الواحد اليوم تساوي أكثر من قيمته بعد عام أو أكثر من الآن، بسبب الفائدة (أو الربح) التي يمكن أن تستحقها. لذا فللنقود قيمة زمنية.

2.3 لماذا يجب أخذ عائدات رأس المال بالحسبان

يمكن تصنيف رأس المال المؤلف من أموال الناس والآلات والمواد والطاقة وأشياء أخرى مطلوبة لعمل مؤسسة ما، في صنفين رئيسين: *رأس مال الأسهم Equity Capital* وهو ذاك الذي يمتلكه أفراد استثمروا أموالهم أو ممتلكاتهم في مشروع تجاري أو مغامرة venture على أمل أن يجنوا ربحاً ما. *ورأس مال الدين Debt Capital* ويسمى غالباً رأس المال المقترض borrowed capital ويُحصل عليه من المقرضين (بواسطة بيع السندات على سبيل المثال) بغرض الاستثمار. بالمقابل يتلقى

المقرضون فائدة من المقترضين.

لا يجنـــي المقرضون عادة أي منافع أخرى يمكن أن تستحق من استثمار رأس المال المقترض. فهم ليسوا مالكي المؤسسة ولا يساهمون مساهمة كاملة كمالكيها في مخاطر المشروع أو المغامرة. لذا، فإن عائدات المقرضين الثابتة على رأس المال المقرض، على شكل فائدة، مضمونة أكثر (أي أنها أقل خطراً) من استلام إيرادات ربح مالكي رأس مال الأسهم. إذا كان المشروع أو المغامرة ناجحاً، فإن عائدات (ربح) مالكي رأس مال الأسهم يكون أكبر بكثير من الفائدة التـــي يتلقاها مقرضو رأس مال. إلا أنه يمكن للمالكين خسارة جزء من أموالهم التـــي استثمروها أو حتـــى خسارتها كلها، على حين يظل المقرضون قادرين على استلام كل الفوائد المستحقة إضافة إلى استيفاء (استرجاع) المبلغ الذي اقترضته المؤسسة.

هناك أسباب جوهرية تجعل من عائدات رأس المال على شكل فوائد وأرباح عنصراً أساسياً في دراسات الاقتصاد الهندسي. فالفائدة والربح تجزيان موفري رأس المال على الامتناع عن استخدامه طوال الفترة التـــي استخدم فيها رأس المال. إن حقيقة أن المورد يمكن أن يحقق عائداً على رأس المال تشكل *حافزاً* لديه على جعل رأس المال يتراكم بالتوفير، ومن ثم تأجيل الاستهلاك الفوري لرأس المال مقابل خلق ثروة في المستقبل. هذا من جهة، ومن جهة أخرى، فإن الفائدة والربح هي ما يدفع لقاء *المجازفة* التـــي يقوم بها المستثمر عندما يسمح لشخص آخر، أو منظمة أخرى، باستخدام رأس ماله.

على المستثمرين، في أغلب الأحيان، اتخاذ قرار حول ما إذا كانت العائدات المتوقعة على رأس مالهم كافية لتبرير دخولهم في مشروع أو مغامرة مقترحة. إذا كان رأس المال مستثمراً في مشروع ما، فإن المستثمرين قد يتوقعون الحصول، كحد أدنـــى، على عائدات تساوي على الأقل تلك التـــي ضحوا بها بعدم استخدامهم رأس المال في فرصة أخرى متاحة تمثل نفس القدر من المجازفة. تسمى هذه الفائدة أو ذاك الربح الذي يوفره استثمار بديل *تكلفة الفرصة البديلة* (أو تكلفة الفرصة الضائعة) لاستخدام رأس المال في المشروع المقترح. لذا، وسواء كان رأس المال رأس مال مقترض أو رأس مال أسهم، فإن لرأس المال الموظف تكلفة، بمعنـــى أن المشروع أو المغامرة يجب أن يوفرا عائدات كافية لتكون مغرية من الناحية المالية لموردي الأموال أو الممتلكات.

نوجز فنقول إنه حيثما تبرز الحاجة لرأس المال لاستثماره في مشاريع هندسية أو مشاريع تجارية أخرى، فمن الضروري أن تولى تكاليفه عناية خاصة (ونعنـــي بذلك القيمة الزمنية). ما تبقى من هذا الفصل يبحث في مبادئ قيمة المال الزمنية، وهي مبادئ على قدر كبير من الأهمية للتقويم الملائم للمشاريع الهندسية التـــي تشكل أساس قدرة المؤسسة على المنافسة، ومن ثم قدرتها على البقاء.

3.3 مصادر الفوائد

على غرار الضرائب، وُجدت الفوائد منذ أقدم عصور التاريخ الإنسانـــي المدونّة. وتُظهر الوثائق التاريخية وجود الفوائد في بابل عام 2000 قبل الميلاد. في المراحل المبكرة، كانت الفائدة تدفع نقداً لاستخدام الحبوب أو سلع أخرى مقترضة. كما كانت تدفع على شكل حبوب أو سلع أخرى. وتنجم العديد من الممارسات الحالية المثيرة للاهتمام من عادات قديمة متبعة في اقتراض الحبوب ومحاصيل أخرى ووفائها.

ويكشف التاريخ كذلك أن فكرة الفائدة توطدت إلى حد بعيد أدى إلى نشوء مؤسسة من المصرفيين الدوليين عام

575 قبل الميلاد، كان مقرها في مدينة بابل. كان دخل المؤسسة يأتـــي من معدلات الفائدة العالية التـــي كانت تفرضها على استخدام أموالها لتمويل التجارة العالمية.

وعبر المراحل القديمة من التاريخ المسجل، كانت المعدلات النموذجية للفائدة على القروض النقدية تقع ما بين 6 و 25%، علماً أن معدلات فائدة مجازة قانونياً تصل إلى 40% سمح بها في بعض الحالات. وكان يطلق على معدلات الفائدة العالية التـــي تفرض على القروض اسم *الربا usury*، ونجد تحريماً للربا في الإنجيل. (انظر سفر الخروج 22: 21-27).

وخلال العصور الوسطى، اعتبر أخذ الفوائد على القروض المالية خروجاً على القانون على أساس توراتـــي. في عام 1536، تأسست نظرية الربا البروتستنتية على يد جون كالفان John Calvin، ودحضت مفهوم عدم شرعية الفائدة. ونتيجة لذلك، اعتبرت الفائدة من جديد جزءاً أساسياً ومشروعاً من التعامل التجاري. وما لبثت جداول الفائدة المعلنة أن أصبحت متاحة للجمهور.

4.3 الفائدة البسيطة

عندما تكون الفائدة الإجمالية المستحقة أو المفروضة متناسبة خطياً مع المبلغ الأساسي للقرض (رأس المال) ومع معدل الفائدة، وعدد فترات (دورات) الفائدة المودع من أجلها رأس المال، تكون الفائدة ومعدل الفائدة *بسيطين*. إن الفائدة البسيطة غير مستخدمة كثيراً في الممارسة التجارية الحديثة.

عندما تكون الفائدة البسيطة قابلة للتطبيق، يمكن حساب الفائدة الإجمالية I المستحقة أو المفروضة وفق العلاقة:

$$\underline{I} = (P)\,(N)\,(i) \qquad (1.3)$$

حيث: P = المبلغ الأساسي المقترض أو المستدان،

N = عدد فترات (دورات) الفائدة،

i = معدل الفائدة لكل دورة فائدة.

المبلغ الإجمالي المعاد دفعه في نهاية N دورة فائدة هو: $P + \underline{I}$. فإذا اقترض مبلغ 1,000$ لمدة ثلاث سنوات بمعدل فائدة بسيطة مقداره 10% سنوياً، تكون الفائدة المكتسبة:

$$\underline{I} = \$1,000 \times 3 \times 0.10 = \$300$$

المبلغ الإجمالي المستحق في نهاية الثلاث سنوات هو: 1,000$ + 300$ = 1,300$. لاحظ أن الكمية المتراكمة من الفائدة المستحقة هي تابع خطي للزمن إلى أن تدفع الفائدة (ولا يكون هذا عادة إلا في نهاية المرحلة N).

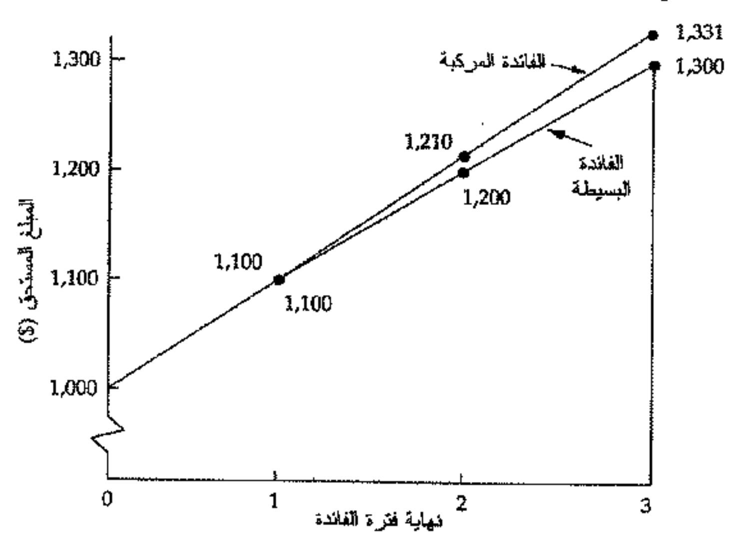
5.3 الفائدة المركبة

حينما تكون الفائدة التـــي تفرض لأية مدة (لسنة على سبيل المثال) مبنية على أساس رأس المال المتبقي إضافة إلى أية فوائد متراكمة حتـــى بداية تلك الفترة، تعتبر تلك الفائدة *مركبة*. يوضح الجدول التالي أثر تركيب الفائدة بالنسبة لقرض على ثلاث فترات بقيمة 1,000$ وبفائدة مركبة مقدارها 10% في كل فترة:

يمكنك ملاحظة أن مبلغاً إجمالياً مقداره 1,331$ يستحق الدفع في نهاية الفترة الثالثة. إذا كان طول الفترة سنة واحدة، يمكن مقارنة المبلغ الإجمالي المستحق في نهاية الفترات الثلاث (السنوات الثلاث) ألا وهو 1,331$ بمبلغ 1,300$ الذي أعطي سابقاً للمسألة نفسها ولكن بفائدة بسيطة. يظهر (الشكل 1.3) مقارنة بيانية للفائدة البسيطة والفائدة المركبة. يعود

الفترة	(1) المبلغ المستحق في بداية الفترة	10% × (1) = (2) مقدار الفائدة للفترة	(2) + (1) =(3) الكمية المستحقة في نهاية الفترة
1	$1,000	$100	$1,100
2	$1,100	$110	$1,210
3	$1,210	$121	$1,331

الاختلاف إلى أثر *التركيب*، والذي هو في الحقيقة حساب الفائدة على الفائدة المستحقة سابقاً. ويكون هذا الاختلاف أكبر بكثير في حال كون المبالغ أكبر، أو معدلات الفائدة أعلى، أو عدد فترات الفائدة أكبر. وهكذا فإن الفائدة البسيطة تضع في الحسبان القيمة الزمنية للمال لكنها لا تنطوي على تركيب للفائدة. إن الفائدة المركبة أكثر شيوعاً بكثير في الممارسة من الفائدة البسيطة وهي مستخدمة على مدى هذا الكتاب.



الشكل 1.3: مقارنة بين الفائدة البسيطة والفائدة المركبة.

6.3 مفهوم التكافؤ

يجب مقارنة البدائل قدر الإمكان، عندما تعطي النتائج نفسها، أو تخدم الهدف عينه، أو تؤدي الوظيفة نفسها. بيد أن هذا ليس ممكناً على الدوام في بعض أنواع الدراسات الاقتصادية، كما سنرى لاحقاً، غير أننا الآن سنركز اهتمامنا على الإجابة على السؤال التالي: كيف يمكن مقارنة البدائل التـــي تؤدي الخدمة ذاتها أو تحقق الوظيفة نفسها، عندما تكون هناك فائدة على مدى فترات من الزمن؟ لذا، فإننا سنبحث في مقارنة الخيارات البديلة أو المقترحات، عن طريق اختصارها إلى *أساس تكافؤ* تابع لـــ (1) معدل الفائدة، (2) ومقدار الأموال المستخدمة، (3) وتوقيت الإيرادات أو النفقات النقدية، (4) وطريقة دفع الفائدة أو الربح على رأس المال المستثمر، وطريقة استعادة رأس المال الأولي.

للوصول إلى فهم أفضل لآليات الفائدة، والتوسع في مفهوم التكافؤ الاقتصادي، انظر في حالة نقترض فيها مبلغ $8,000 ونوافق على سداده خلال أربع سنوات بمعدل فائدة مقداره 10% في العام. هناك عدة خطط يمكن اتباعها لدفع المبلغ الأساسي للقرض (أي $8,000) والفائدة المترتبة عليه. اخترنا بهدف التبسيط أربع خطط لشرح فكرة التكافؤ الاقتصادي. التكافؤ هنا يعنـــي أن الخطط الأربع كلها جذابة للمقترض. في كل خطة منها، يبلغ معدل الفائدة السنوية

10% والمبلغ الأساسي المقترض هو $8,000؛ وهكذا فإن الاختلاف بين هذه الخطط ينحصر في البندين (3) و(4) المذكورين آنفاً. يبيّن (الجدول 1.3) الخطط الأربع، وسيظهر لك قريباً أن الأربعة متكافئة كلها فيما بينها بمعدل فائدة سنوية مقداره 10%.

الجدول 1.3: أربع خطط لسداد مبلغ $8.000 خلال أربع سنوات بفائدة سنوية مقدارها 10%.

(1) العام	(2) المبلغ المستحق في بداية العام	(3) = 10% × (2) الفائدة المحققة لعام	(4) = (2) + (3) إجمالي المبلغ المستحق في نهاية العام	(5) الدفعة الرئيسية	(6) = (3) + (5) إجمالي دفعة نهاية العام (التدفق النقدي)
الخطة 1: في نهاية كل عام ادفع مبلغ $2,000 كمبلغ أساسي إضافة إلى الفائدة المستحقة.					
1	$8,000	$800	$8,800	$2,000	$2,800
2	6,000	600	6,600	2,000	2,600
3	4,000	400	4,400	2,000	2,400
4	2,000	200	2,200	2,000	2,200
	$20,000 سنوياً	$2,000 (فائدة إجمالية)		$8,000	$10,000 (إجمالي المبلغ المسدد)
الخطة 2: ادفع الفائدة المستحقة في نهاية العام وادفع المبلغ الأساسي المستحق في نهاية العام الرابع.					
1	$8,000	$800	$8,800	$0	$800
2	8,000	800	8,800	0	800
3	8,000	800	8,800	0	800
4	8,000	800	8,800	8,000	8,800
	$32,000 – عام	$3,200 (إجمالي الفائدة)		$8,000	$11,200 (إجمالي المبلغ المسدد)
الخطة 3: ادفع ضمن أربع دفعات نهاية عام متساوية.					
1	$8,000	$800	$8,800	$1,724	$2,524
2	6,276	628	6,904	1,896	2,524
3	4,380	438	4,818	2,086	2,524
4	2,294	230	2,524	2,294	2,524
	$20,960 سنوياً	$2,096 (إجمالي الفائدة)		$8,000	$10,096 (إجمالي المبلغ المسدد)
الخطة 4: ادفع المبلغ الأساسي والفائدة في دفعة واحدة بعد أربعة أعوام (هنا العمود 6 ≠ العمود 3 + العمود 5)					
1	$8,000	$800	$8,800	$0	$0
2	8,800	880	9,680	0	0
3	9,680	968	10,648	0	0
4	10,648	1,065	11,713	8,000	11,713
	$37,130 سنوياً	$3,713 (إجمالي الفائدة)		$8,000	$11,713 (إجمالي المبلغ المسدد)

في الخطة 1، نسدد $2,000 من رأس المال المقرض في نهاية كل من السنة الأولى وحتـــى السنة الرابعة والأخيرة. وبالنتيجة فإن الفائدة التـــي تسدد في نهاية سنة معينة تتأثر بمقدار المبلغ الذي ما زلنا مدينين به على القرض في *بداية* ذاك

العام. إن المبلغ الذي ندفعه في نهاية العام هو فقط $2,000، إضافة إلى الفائدة المحسوبة على مقدار المبلغ المدينين به في بداية العام.

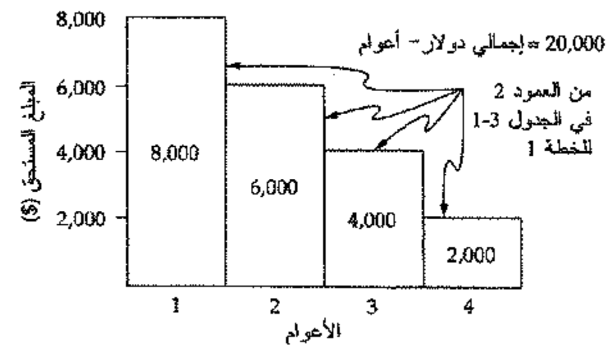
تشير الخطة 2 إلى أنه لا يسدد شيء من رأس المال المقرض حتـــى نهاية العام الرابع. تبلغ تكلفة الفائدة كل عام $800 وتسدد في نهاية كل عام ابتداء من العام الأول وحتـــى العام الرابع. وبما أن الفائدة لا تتراكم في كل من الخطتين 1 و2، فلا يوجد تركيب للفائدة. لاحظ أن الفائدة التـــي تدفع في الخطة 2 مقدارها $3,200 في حين تبلغ في الخطة 1 $2,000 فقط. وقد أتيح لنا استخدام مبلغ $8,000 طوال أربعة أعوام في الخطة 2، في حين كان لنا استخدام مبلغ أقل بكثير من $8,000 في الخطة 1.

تتطلب الخطة 3 منا أن نسدد في نهاية كل عام مبلغاً قدره $2,524. سنبين لاحقاً في هذا الفصل (الفقرة 9.3) كيف يحسب هذا المبلغ سنوياً. ولكن يجب على القارئ أن يلاحظ هنا أن الدفعات التـــي تسدد في نهاية كل من الأعوام الأربعة في الخطة 3 إنما تسدد كامل رأس المال المقرض البالغ $8,000 مع الفائدة السنوية البالغة 10%. علاوة على ذلك، يقع في الخطة 3 تركيب للفائدة.

وأخيراً، تظهر الخطة 4 أنه ليس هناك أية دفعات تسدد في السنوات الثلاث الأولى من فترة القرض، سواء أكانت من رأس المال أم من الفائدة. ثم في نهاية العام الرابع، يسدد رأس المال المقرض إضافة إلى الفائدة المتراكمة للسنوات الأربع في مبلغ مجمل واحد قدره $11,712.80 (قرب في الجدول 1.3 إلى $11,713). تتضمن الخطة 4 فائدة مركبة. إن الفائدة الإجمالية التـــي تدفع حسب الخطة الرابعة 4 أعلى منها في الخطط الثلاث الأولى. في الخطة 4، لم يؤجل تسديد رأس المال فقط إلى نهاية العام الرابع، بل أجل كذلك تسديد كل دفعات الفائدة إلى نفس الفترة. إذا ارتفعت معدلات الفائدة السنوية فوق 10% سنوياً أثناء فترة القرض، فهل ترى أن الخطة 4 ستجعل المصرفيين يشيبون قبل أوانهم؟

هذا يعيدنا إلى مفهوم التكافؤ الاقتصادي. فإذا بقيت معدلات الفائدة ثابتة بنسبة 10% بالنسبة للخطط المبينة في (الجدول 1.3)، فإن الخطط الأربع كلها متكافئة. (الخطتان 1 و3 مثلاً) أو تسدد في نهاية العام الرابع (الخطتان 2 و4 مثلاً). *ينشأ التكافؤ الاقتصادي عادة عندما نكون غير مبالين بين دفعة مستقبلية، أو سلسلة من الدفعات المستقبلية، وبين مبلغ حالي من المال.*

كي نرى لماذا تعد الخطط الأربع الواردة في (الجدول 1.3) متكافئة عند معدل فائدة 10%، بإمكاننا أن نرسم المبلغ المستحق في بداية كل عام (العمود 2) مقابل العام. تمثل المنطقة الواقعة تحت مخطط القضبان الناتج الدولار – أعوام الذي تساويه الأموال المستدانة. فمثلاً، الدولار – أعوام للخطة 1 يساوي 20,000، وهو ما نحصل عليه من الرسم البيانـــي السابق.



عندما يحسب مجموع الدولار – أعوام لكل خطة ويقسم على إجمالي الفائدة المدفوعة طوال الأعوام الأربعة (المبلغ الوارد في العمود 3) نجد أن النسبة ثابتة:

الخطة	المنطقة الواقعة تحت المنحنـى (دولار – أعوام) (مجموع العمود 2 في الجدول 1.3)	الفائدة الإجمالية المدفوعة (مجموع العمود 3 في الجدول 1.3)	نسبة الفائدة الإجمالية إلى دولار – أعوام
1	$20,000	$2,000	0.10
2	32,000	3,200	0.10
3	20,960	2,096	0.10
4	37,130	3,713	0.10

ولما كانت النسبة ثابتة على 0.10 لكل الخطط، فإنه يمكن الاستنتاج أن كل طرق السداد الواردة في (الجدول 1.3) متكافئة، وإن كانت كل خطة منها تنطوي على قيمة إجمالية مختلفة للدفعة التـي تسدد في نهاية العام في العمود 6. إن اختلاف الدولار – أعوام من الاقتراض بحد ذاته، لا يعنـي بالضرورة أن خطط تسديد القرض المختلفة متكافئة أو غير متكافئة. وباختصار فإن التكافؤ يثبت عندما تكون الفائدة الإجمالية المدفوعة، مقسمة على الدولار – أعوام من الاقتراض، عبارة عن نسبة ثابتة فيما بين الخطط المالية (أي البدائل).

نقطة هامة أخيرة لا بد من إبرازها، وهي أن خطط سداد القرض المذكورة في (الجدول 1.3) متكافئة فقط عند معدل فائدة قدره 10%. فإذا قومت هذه الخطط بأساليب سنذكرها لاحقاً في هذا الفصل وبمعدلات فائدة تختلف عن 10%، عندها يمكن أن نقول إن إحدى الخطط تتفوق على الثلاث الأخرى. فمثلاً، عندما يقرض مبلغ $8,000 بفائدة 10% وترتفع لاحقاً تكلفة المال المقترض إلى 15%، قد يفضل *المقرض* الخطة 1 حتـى يستعيد أمواله بسرعة فيصبح بالإمكان إعادة استثمارها في مكان آخر وبمعدل فائدة أعلى.

7.3 رموز ومخططات التدفق النقدي وجداوله

تستخدم الرموز التالية في صيغ حسابات الفائدة المركبة:

i = المعدل الفعلي للفائدة لكل مدة الفائدة.

N = عدد المدد المركبة.

P = المبلغ الحالي؛ القيمة المكافئة لتدفق نقدي واحد أو أكثر، عند نقطة مرجعية من الوقت تدعى الحاضر.

F = المبلغ المستقبلي؛ القيمة المكافئة لتدفق نقدي واحد أو أكثر، عند نقطة مرجعية من الوقت تدعى المستقبل.

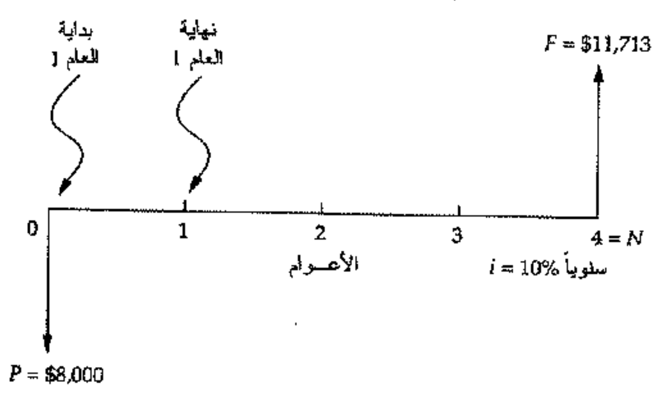
A = التدفق النقدي عند نهاية المدة (قيم نهاية المدة المكافئة) في سلسلة منتظمة تستمر لعدد محدد من المدد، تبدأ مع نهاية المدة الأولى وتستمر عبر المدة الأخيرة.

ينصح بشدة باستخدام مخططات أو جداول التدفق النقدي في الحالات التـي يحتاج فيها المحلل إيضاح أو تصور العناصر ذات الصلة عندما يكون هناك تدفقات نقدية في أوقات شتـى. إضافة إلى ذلك، فإن وجهة النظر (تذكر المبدأ3) هي سمة أساسية في مخططات التدفق النقدي.

الفرق بين إجمالي تدفقات الأموال الداخلة (الإيرادات) وتدفقات الأموال الخارجة (النفقات) لمدة محددة (سنة واحدة مثلاً)، هو التدفق النقدي الصافي لهذه المدة. إن للتدفق النقدي أهمية في الاقتصاد الهندسي، كما بينا في الفصل 2، تعد

التدفقات النقدية هامة في الاقتصاد الهندسي لأنها الأساس لتقويم البدائل. والواقع أن فائدة مخططات التدفق النقدي في مسائل التحليل الاقتصادي تشبه فائدة مخطط الجسم الحر في مسائل الميكانيك الهندسي.

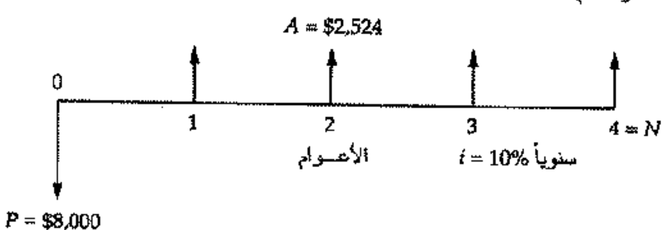
يبين (الشكل 2.3) مخطط تدفق نقدي للخطة 4 في (الجدول 1.3)، ويصور (الشكل 1.3) التدفقات النقدية الصافية للخطة 3. يوضح هذان الشكلان أيضاً تعريف الرموز المذكورة آنفاً وموقعها على مخطط التدفق النقدي. لاحظ أن كل التدفقات النقدية وضعت في نهاية العام لتتوافق مع العرف المستخدم في (الجدول 1.3). إضافة إلى أنها، حددت وجهة نظر.



الشكل 2.3: مخطط التدفق النقدي العائد للخطة 4 من الجدول 1.3 (وجهة نظر المقرض).

يستخدم مخطط التدفق النقدي عدة اصطلاحات (أعراف):

1. يدل الخط الأفقي على *مقياس الزمن*، مع تدرج للزمن يتحرك من اليسار إلى اليمين. كلمة مدة (عام أو فصل أو شهر مثلاً) يمكن أن تطبق على فواصل زمنية بدلاً من نقاط على مقياس الزمن. لاحظ مثلاً أن نهاية المدة 2 تتزامن مع بداية المدة 3. عندما يستخدم اصطلاح التدفق النقدي لنهاية المدة، توضع الأعداد الدالة على المدد في نهاية كل فاصلة زمنية، كما يوضح (الشكلان 2.3 و3.3).



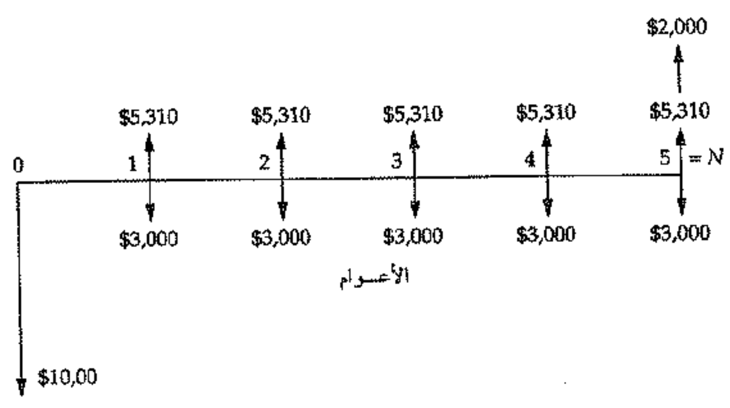
الشكل 3.3: مخطط التدفق النقدي العائد للخطة 3 من الجدول 1.3.
(وجهة نظر المقرض).

2. تدل الأسهم على تدفقات نقدية وتقع في نهاية المدة. إذا كان هناك حاجة للتمييز، فإن الأسهم المتجهة إلى الأسفل تمثل النفقات (تدفقات نقدية سالبة أو تدفقات نقدية خارجة)، على حين تدل الأسهم المتجهة إلى الأعلى على الإيرادات (تدفقات نقدية إيجابية أو تدفقات نقدية داخلة).
3. يختلف مخطط التدفق النقدي بحسب وجهة النظر. فمثلاً الحالتان المبينتان في (الشكلين 2.3 و3.3) ترتكزان على التدفق النقدي كما يراه المقرض. وإذا عكست اتجاهات كل الأسهم، فإن المخطط يصور المسألة من وجهة نظر المقترض.

المثال 3-1

قبل تقويم المحاسن الاقتصادية لاستثمار مقترح، تصر شركة XYZ على أن يقوم مهندسوها بوضع مخطط تدفق نقدي

لهذا المقترح. يمكن القيام باستثمار قيمته $10,000 وأن يأتـــي بعائدات سنوية منتظمة مقدارها $5,310 لمدة خمسة أعوام، ومن ثم يكون له قيمة سوق (استرجاعية) مقدارها $2,000 في نهاية العام الخامس. ستبلغ نفقات تشغيل وصيانة المشروع السنوية في نهاية كل عام $3,000. ارسم مخطط تدفق نقدي للسنوات الخمس من عمر المشروع. استخدم وجهة نظر الشركة.



الشكل 4.3: مخطط التدفق النقدي للمثال 1.3.

الحل:

كما هو مبين في (الشكل 4.3)، إن الاستثمار الأساسـي البالغ $10,000 والنفقات السـنوية البالغة $3,000 هي تدفقات نقدية خارجة. على حين أن الإيرادات السنوية وقيمة السوق هي تدفقات نقدية داخلة.

لاحظ أن بداية عام ما هي نهاية العام الذي يسبقه. فبداية العام الثانـــي مثلاً هي نهاية العام الأول.

يعرض المثال 3-2 حالة تظهر فيها التدفقات النقدية بأسلوب جدولي لتسهيل تحليل الخطط والتصاميم.

المثال 3-2

في معرض تجديد إحدى الشركات لبناء مكتب صغير، طُرح بديلان ممكنان لتحديث نظام التدفئة والتهوية والتكييف. لا بد من تنفيذ أحد البديلين A أو B. التكاليف هي كالتالي:

البديل A: *أعِدْ بناء (أصلح) نظام التدفئة والتهوية والتكييف الموجود.*

- التجهيزات والأعمال والأدوات التـــي يجب تجديدها $18,000
- التكلفة السنوية للكهرباء $32,000
- تكاليف الصيانة السنوية $2,400

البديل B: *تركيب نظام تدفئة وتهوية وتكييف جديد يستخدم الأنابيب الموجودة.*

- التجهيزات والأعمال والأدوات التـــي يجب أن تركب $60,000
- التكلفة السنوية للكهرباء $9,000
- تكاليف الصيانة السنوية $16,000
- تبديل جزء أساسي يدوم أربع سنوات $9,400

في ختام الأعوام الثمانية، تبلغ قيمة السوق التقديرية للبديل A $2,000، وللبديل B $8,000. افترض أن كلا البديلين

سيوفران خدمات متشابهة (الراحة) خلال مدة ثمانية أعوام، وافترض أنه في نهاية العام الثامن لن يكون للجزء الأساسي الذي استبدل في البديل B أية قيمة سوقية. (1) استخدم جدول تدفق نقدي واصطلاح نهاية العام لجدولة التدفقات النقدية الصافية لكلا البديلين. (2) حدد فرق التدفق النقدي الصافي السنوي بين البديلين (A−B). (3) احسب الفرق التراكمي حتـــى نهاية العام الثامن. (الفرق التراكمي هو مجموع الفروق، A−B، من العام صفر وحتـــى العام الثامن).

الجدول 2.3: جدول التدفق النقدي العائد للمثال 2.3.

نهاية العام	البديل A التدفق النقدي الصافي	البديل B التدفق النقدي الصافي	الفرق (A−B)	الفرق التراكمي
0 (الآن)	$18,000 −	$60,000 −	$42,000 −	$42,000 −
1	34,400 −	25,000 −	9,400	32,600 −
2	34,400 −	25,000 −	9,400	23,200 −
3	34,400 −	25,000 −	9,400	13,800 −
4	34,400 −	9,400 - 25,000−	0	13,800 −
5	34,400 −	25,000 −	9,400	4,400 −
6	34,400 −	25,000 −	9,400	5,000
7	34,400 −	25,000 −	9,400	14,400
8	2,000+ 34,400 −	8,000 + 25,000 −	15,400	29,800
المجموع	$291,200 −	$261,400−		

الحل:

يبين (الجدول 2.3) جدول التدفق النقدي العائد لهذا المثال (من وجهة نظر الشركة). وبناء على هذه النتائج، يمكننا الخروج بعدة نقاط: (1) إن عدم القيام بأي شيء ليس خياراً– فإما أن نختار A أو B؛ (2) بالرغم من أن الجدول يحتوي على تدفقات نقدية إيجابية وأخرى سلبية، فإننا نوازن فيما بين بديلين من وجهة نظر النفقات فقط؛ (3) يمكن اتخاذ قرار اختيار أحد البديلين بنفس القدر من السهولة بناء على الفرق في التدفقات النقدية (أي بناء على الفارق الذي يمكن تفاديه)، أو بناء على التدفقات النقدية الصافية القائمة بذاتها للبديلين A وB؛ (4) للبديل B تدفقات نقدية مماثلة لتلك العائدة للبديل A، *باستثناء* الفروق الواردة في الجدول؛ فإذا كان الفارق الذي يمكن تفاديه قادراً على تجنب الدين، فإن البديل B هو الخيار الذي ينصح به؛ (5) كان من السهولة بمكان تضمين الجدول والتحليل التغيرات التـــي تطرأ على التدفق النقدي بسبب التضخم أو بسبب مؤثرات أخرى مشتبه بها؛ (6) في البديل B، نحتاج *لستة أعوام* كي يولد الاستثمار البالغ $42,000 ادخاراً تراكمياً كافياً بالنسبة للنفقات السنوية لتبرير الاستثمار الأعلى. (يتجاهل هذا قيمة المال الزمنية). أي بديل إذن هو الأفضل؟ سيكون بإمكاننا الإجابة على هذا السؤال لاحقاً عندما نأخذ في الحسبان القيمة الزمنية للمال حتـــى نوصي بالخيارات المناسبة فيما بين البدائل.

يجب أن يكون بيّناً أن جدول التدفـــق النقدي يوضّح توقيـــت التدفقات النقدية، والافتراضات الموضوعة، والمعطيات المتوفرة. وغالباً ما يكون جدول التدفق النقدي مفيداً عندما تكون الحالة على درجة من التعقيد يصعب معها إظهار كل مبالغ التدفق النقدي على المخطط.

يتناول الجزء المتبقي من الفصل 3 تطوير وتوضيح مبادئ البدائل (القيمة الزمنية للمال) لتقويم الجاذبية الاقتصادية

للاستثمارات كتلك التــي اقترحناها في المثالين 3-1 و3-2.

وجهة النظر: في معظم الأمثلة المعروضة في هذا الفصل، نأخذ بوجهة نظر الشركة (أو المستثمر عموماً).

8.3 صيغ الفائدة التــي تربط ما بين القيم المكافئة الحالية والمستقبلية للتدفقات النقدية الوحيدة

يُظهر (الشكل 5.3) مخطط تدفق نقدي يحتوي على مبلغ حالي واحد P، و مبلغ مستقبلي واحد F، يفصل بينهما عدد من المدد N، بفائدة قدرها i % للمدة الواحدة.

طوال هذا الفصل، يدل *السهم المتقطع*، كالذي يظهر في (الشكل 5.3)، على الكمية التــي يجب تحديدها. توفر لنا المعادلتان (2.3) و(3.3) صيغتين تربطان P المعطاة و مكافئها المجهول F.

1.8.3 إيجاد F بدلالة P (أي عندما تكون P معطاة)

إذا استثمر مقدار من الدولارات، وليكن P، في نقطة ما من الزمن، وكانت i % معدل الفائدة (الربح أو النمو) لكل مدة، فسيزداد المبلغ ليصبح في المستقبل: $P + P\,i = P\,(1 + i)$ في نــهاية مدة واحدة؛ سينمو المبلغ في نهاية مدتين ليصبح: $P\,(1 + i)\,(1 + i) = P\,(1 + i)^2$، وفي نهاية ثلاث مدد يزداد المبلغ ليصبح: $P\,(1 + i)^2\,(1 + i) = P\,(1 + i)^3$، وفي نهاية N مدة، يزداد المبلغ ليصبح:

$$F = P\,(1 + i)^N \qquad (2.3)$$

الشكل 5.3: مخطط لتدفق نقدي عام يربط ما بين المكافئ الحالي لدفعات واحدة ومكافئها المستقبلي.

المثال 3-3

افترض أنك اقترضت الآن $8,000 ووعدت بسداد القرض الأساسي إضافــة إلى الفائدة المتراكمة خلال أربعة أعوام، حيث i = 10% في العام. ما مقدار المبلغ الذي ستدفعه في نهاية الأعوام الأربعة؟

الحل:

العام	المبلغ المستحق في بداية العام	الفائدة المستحقة لكل عام	المبلغ المستحق في نهاية العام	الدفعة الإجمالية في نهاية العام
1	P = $ 8,000	$i\,P$ = $ 800	$P(1+i)$ = $ 8,800	0
2	$P(1+i)$ = $ 8,800	$iP(1+i)$ = $ 880	$P(1+i)^2$ = $ 9,680	0
3	$P(1+i)^2$ = $ 9,680	$iP(1+i)^2$ = $ 968	$P(1+i)^3$ = $ 10,648	0
4	$P(1+i)^3$ = $10,648	$iP(1+i)^3$ = $ 1,065	$P(1+i)^4$ = $ 11,713	F = $11,713

نرى بوجه عام أن $F = P\,(1+i)^N$، والمبلغ الإجمالي الواجب دفعه هو $11,713. وفي هذا توضيح أكبر للخطة 4 في (الجدول 1.3) بدلالة الاصطلاحات التـــي سنستخدمها في هذا الكتاب.

اصطلح على تسمية الكمية $(1+i)^N$ في المعادلة (2.3) *معامل المقدار المركب للدفعة الواحدة* **single payment compound amount factor**. وأعطيت القيم الرقمية لهذا العامل في العمود الثانـــي من اليسار في الجداول العائدة للملحق C، المتعلقة بقيم واسعة لـــ i وN. سنستخدم في هذا الكتاب الرمز الوظيفي $(F/P, i\,\%, N)$ مقابل $(1+i)^N$. لذلك يمكن التعبير عن المعادلة (2.3) كالتالي:

$$F = P\,(F/P, i\,\%, N) \qquad (3.3)$$

حيث يقرأ العامل الواقع بين القوسين "أوجد F بدلالة P بفائدة $i\%$ للمدة الواحدة ولعدد N من مدد الفائدة". لاحظ أن تسلسل F وP في F/P هو نفسه الوارد في الجزء الأولي من المعادلة (3.3)، حيث وضعت القيمة المجهولة F في الجانب الأيسر من المعادلة. تسلسل الأحرف هذا صحيح فيما يتعلق بكل الرموز الوظيفية في هذا الكتاب، ويسهّل من تذكرها.

يَظهر في (الجدول 3.3) مثال آخر عن إيجاد F عندما تكون P معطاة، إضافة إلى مخطط تدفق نقدي وحل. لاحظ في (الجدول 3.3) أننا نعطي لكل ظرف من ظروف الفائدة المركبة المتقطعة الستة الاعتيادية التـــي نطرحها، نصّين للمسألة: (أ) *بمصطلح الاقتراض – الإقراض*، و(ب) *بمصطلح التكافؤ*. ولكن كليهما يمثلان حالة التدفق النقدي نفسها. والواقع أن هناك عدة طرق يمكن التعبير بها عن حالة تدفق نقدي معينة.

وعموماً، هناك طريقة جيدة لتفسير علاقة ما كالمعادلة (3.3)، ألا وهي أن المبلغ المحسوب F، عند نقطة من الزمن يحدث فيها، *يكافئ* (أي يمكن مقايضته) بـــ القيمة المعلومة P، عند نقطة الزمن التـــي يحدث فيها، بدلالة الفائدة المعينة أو معدل الربح i.

2.8.3 إيجاد P عندما تكون F معلومة

من المعادلة (2.3)، $F = P\,(1+i)^N$. إن حل هذه المعادلة بالنسبة لـــ P يعطي العلاقة التالية:

$$P = F\left(\frac{1}{1+i}\right)^N = F(1+i)^{-N} \qquad (4.3)$$

تدعى الكمية $(1+i)^{-N}$ *معامل القيمة الحالية للدفعة المفردة*. تعطى القيم العددية لهذا العامل في العمود الثالث من الجداول الواردة في الملحق C لمجموعة واسعة من قيم i وN. سنستخدم الرمز الوظيفي $(P/F, i\,\%, N)$ لهذا العامل. ومن ثم:

$$P = F\,(P/F, i\,\%, \mathrm{N}) \qquad (5.3)$$

المثال 3-4

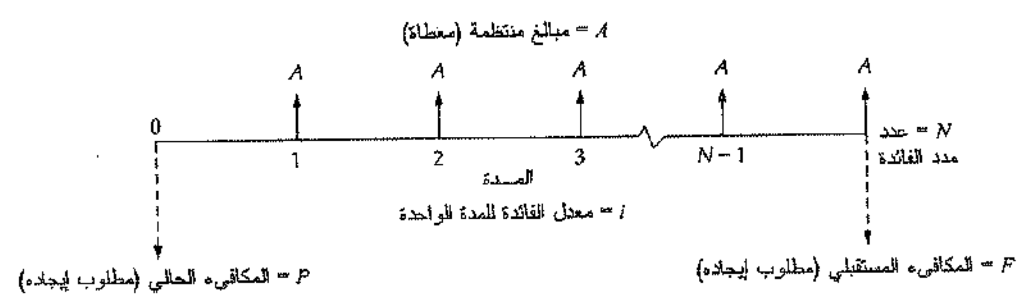
لمستثمر (مالك) الخيار في شراء قطعة أرض ستصل قيمتها في غضون ستة أعوام إلى $10,000. فإذا كانت قيمة الأرض تزداد بمعدل 8% كل عام، ما هو المبلغ الذي يجب على المستثمر أن يكون مستعداً لدفعه ثمناً لهذه الأرض؟

الحل

يمكن تحديد سعر الشراء من المعادلة (5.3) و(الجدول C-11) في الملحق C على النحو التالي:

$$P = \$10{,}000\ (P/F, 8\%, 6)$$
$$P = \$10{,}000\ (0.6302)$$
$$= \$6{,}302$$

نعطي في (الجدول 3.3) مثالاً آخر على هذا النوع من المسائل، إضافة إلى مخطط التدفق النقدي والحل.



الشكل 6.3: مخطط تدفق نقدي عام يربط متتاليات منتظمة (قسط سنوي عادي) بقيمها المكافئة الحالية والمستقبلية.

9.3 صيغ الفائدة التـــي تربط سلسةً منتظمة (قسطاً سنوياً) بقيمها المكافئة الحالية والمستقبلية

يُظهر (الشكل 6.3) خطاً عاماً لتدفق نقدي عائد لمجموعة من الدفعات receipts المنتظمة (المتساوية)، كلها بقيمة A، تحدث في نهاية كل مدة من المدد التـــي عددها N، وبفائدة مقدارها $i\%$ للمدة الواحدة. غالباً ما تسمى هذه الدفعات المنتظمة *الأقساط السنوية*. يجب ملاحظة أن الصيغ والجداول التـــي سنعرضها لاحقاً استخرجت على أساس أن A تقع في نهاية كل مدة، ولذلك:

1. P (القيمة المكافئة الحالية) تقع في مدة فائدة واحدة قبل أول A (مبلغ منتظم)،
2. F (القيمة المكافئة المستقبلية) تقع في نفس وقت آخر A، وN مدة بعد P، و
3. A (القيمة المكافئة السنوية) تقع في نهاية المدة 1 وحتـــى N، ضمنا.

يمكن ملاحظة علاقة التوقيت المتعلقة بـــ P وA وF في (الشكل 6.3). سنطور أربع صيغ تربط ما بين A وكل من F وP.

1.9.3 إيجاد F عندما تكون A معلومة

إذا وقع تدفق نقدي بقيمة A دولار في نهاية كل مدة ولعدد N من المدد، وكان معدل الفائدة للمدة الواحدة $i\%$، فإننا نحصل على قيمة المكافئ المستقبلية F في نهاية المدة N بجمع المكافئات المستقبلي لكل تدفق من التدفقات النقدية. فيكون:

$$F = A\,(F/P, i\,\%, N-1) + A\,(F/P, i\,\%, N-2) + A\,(F/P, i\,\%, N-3) + \ldots$$
$$+ A\,(F/P, i\,\%, 1) + A\,(F/P, i\,\%, 0)$$
$$= A\,[(1+i)^{N-1} + (1+i)^{N-2} + (1+i)^{N-3} + \ldots + (1+i)^{1} + (1+i)^{0}]$$

الـــحدود الموضوعة ضمن قوسيـــن معقوفين تتضمن تسلسلاً هندسياً geometric sequence ذا نسبة مشتركة هي $(1+i)^{-1}$. تذكر بأن مجموع أول N حدّاً من تسلسل هندسي ما هو:

$$S_N = \frac{a_1 - b a_N}{1-b}\ (b \neq 1)$$

الجدول 3.3: أمثلة عن التدفق النقدي المتقطّع الدّالة على التكافؤ.

أمثلة (تستخدم جميعها معدل فائدة I = 10% في العام – انظر الملحق C)

المطلوب إيجاد	المعلوم	(آ) في مصطلح الاقتراض – الإقراض	(ب) في مصطلح التكافؤ	مخطط التدفق النقدي*	الحل
لتدفقات نقدية وحيدة:					
F	P	اقترضت شركة $1,000 لثمانية أعوام. ما هو المبلغ الإجمالي الذي عليها أن تدفعه في نهاية الأعوام الثمانية؟	ما هو المكافئ المستقبلي بعد ختام ثمانية أعوام لـــ $1,000 في بداية هذه الأعوام الثمانية؟	$P = \$1,000$; 0; $N = 8$; $F = ?$	$F = P\ (F/P,\ 10\%,\ 8)$ $= \$1,000\ (2.1436)$ $= \$2,143.60$
P	F	ترغب إحدى الشركات في الحصول بعد ثمانية أعوام على $2,143.60 ما هو المبلغ الذي يجب أن يدخر من الآن لتحقيق هذه الرغبة؟	ما هو المكافئ الحالي لـــ $2,143.60 الذي ستحصل عليه الشركة بعد ثمانية أعوام من الآن؟	$F = \$2,143.60$; 0; $N = 8$; $P = ?$	$P = P\ (F/P\ ,\ 10\%,8)$ $= \$2,143.60\ (0.4665)$ $= \$1,000.00$
لمتتالية منتظمة:					
F	A	إذا وضعت في حساب التوفير ثماني ودائع سنوية قيمة كل منها $187.45، فكم من المال تراكم مباشرة بعد الإيداع الأخير؟	في نهاية العام الثامن، ما هو المبلغ المكافئ لدفعات نهاية العام الثمانية والبالغ كل منها $187.45؟	$F = ?$; 1 2 3 4 5 6 7 8; $A = \$187.45$	$F = A\ (F/A,\ 10\%,8)$ $= \$187.45\ (11.4359)$ $= \$2,143.60$
P	A	ما مقدار المال الذي يجب أن يدّخر الآن لتأمين ثمانية سحوبات نهاية العام بقيمة $187.45 لكل منها؟	ما المكافئ الحالي لثماني دفعات نهاية العام ، بقيمة $187.45 لكل منها؟	$A = \$187.45$; 1 2 3 4 5 6 7 8; $P = ?$	$P = A\ (P/A,\ 10\%,8)$ $= \$187.45(5.3349)$ $= \$\ 1,000.00$

الجدول 3.3: (تتمة)

A	F	ما هو المبلغ السنوي المنتظم الذي يجب أن يدخر كل عام كي يتراكم $2,143.60 عندما يحين موعد الإيداع السنوي الثامن؟	ما الدفعة المنتظمة في نهاية ثماني سنوات متتالية والتــي تكون مكافئة لمبلغ $2,143.60 في نهاية العام الثامن؟	F = $2,143.60; 1 2 3 4 5 6 7 8; A = ?	$A = F(A/F, 10\%, 8)$ $= \$2,143.60\ (0.0874)$ $= \$187.45$
A	P	ما هو حجم ثماني دفعات سنوية متساوية لسداد قرض قيمته $1,000؟ تستحق الدفعة الأولى بعد عام واحد من استلام القرض.	ما الدفعة المنتظمة في نهاية ثمانية أعوام متتالية والتــي تكون مكافئة لمبلغ $1,000 في بداية العام الأول؟	P = $1,000; 1 2 3 4 5 6 7 8; A = ?	$A = P(A/P, 10\%, 8)$ $= \$1.000(0.18745)$ $= \$187.45$

* يُظهر مخطط التدفق النقدي المثالَ كما يصاغ بمصطلح الاقتراض – الإقراض.

حيث a_1 الـــحد الأول في التسلسل، وa_N هو الحد الأخيـــر، وb هي النسبة الـــمشتركة. إذا جعلنا $b = (1 + i)^{-1}$، و$a_1 = (1+i)^{N-1}$ و$a_N = (1 + i)^0$.

فإن:

$$F = A\left[\frac{(1+i)^{N-1} - \frac{1}{(1+i)}}{1 - \frac{1}{(1+i)}}\right]$$

التـــي تختصر إلى:

$$F = A\left[\frac{(1+i)^N - 1}{i}\right] \quad (6.3)$$

تسمى الكمية $\{[(1 + i)N - 1]/i\}$ *معامل المقدار المركـب للمتتاليات (السلاسل) المنتظمة* **uniform series compound** amount factor. إنها نقطة البداية لتطوير عوامل فائدة المتتاليات المنتظمة الثلاثة المتبقية.

تعطى القيم الرقمية لعامل الكمية المركبة لسلسلة منتظمة في العمود الرابع من الجداول الواردة في الملحق C لطيف واسع من قيم i وN. سنستخدم الرمز الوظيفي $(F/A, i\%, N)$ لهذا العامل. ومن ثم يمكن التعبير عن المعادلة (6.3) كما يلي:

$$F = A\,(F/A, i\%, N) \quad (7.3)$$

نجد هنا، كما نجد في (الجدول 3.3)، أمثلة على هذا النوع من مسائل "تراكم الثروة" المبنية على أساس $(F/A, i\%, N)$

المثال 3-5

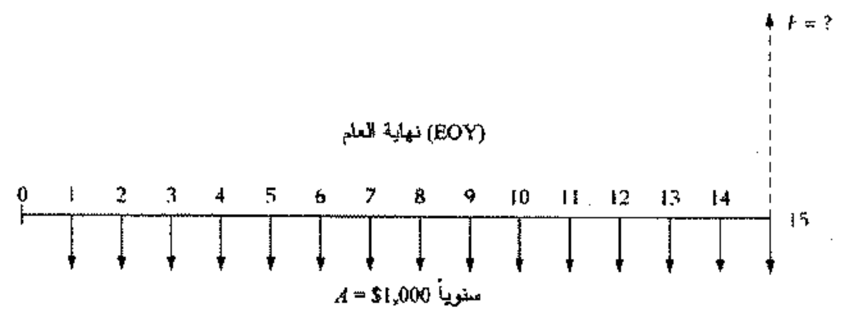
(آ) افترض أنك تقوم بـــ 15 إيداعاً سنوياً قيمة كل منها $1,000، تضعها في حساب مصرفي بفائدة سنوية مقدارها 5%، وأنك ستودع المبلغ الأول بعد عام من الآن، فما مقدار المال الذي يمكن أن تسحبه من هذا الحساب المصرفي مباشرة بعد الإيداع الخامس عشر؟

الحل

قيمة A هي $1,000، و$N$ تساوي 15 عاماً و$i = 5\%$ سنوياً. إن مقدار المكافئ المستقبلي مباشرة بعد الإيداع الخامس عشر هو:

$$\begin{aligned} F &= \$1{,}000\,(F/A, 5\%, 15) \\ &= \$1{,}000\,(21.5786) \\ &= \$21{,}578.60 \end{aligned}$$

لاحظ في مخطط التدفق النقدي التالي أن قيمة F تتطابق مع آخر دفعة مقدارها **$1,000**.



(ب) ولإضفاء مزيد من التوضيح على الآثار المدهشة للفائدة المركبة، سنتأمل مصداقية هذه المقولة: "إذا كنت تبلغ من العمر عشرين عاماً وتدخر $1.00 كل يوم مما تبقى من حياتك، فستصبح مليونيراً". لنفترض أنك ستعيش حتـــى الثمانين من عمرك وأن معدل الفائدة السنوي 10% ($i = 10\%$). في هذه الظروف المحددة، نقوم بحساب المبلغ المركب المستقبلي (F) فيكون:

$$F = \$365/\text{yr}\ (F / A, 10\%, 60\ \text{عاماً})$$
$$= \$365\ (3{,}034.81)$$
$$= \underline{\$1{,}107{,}706.}$$

وهكذا فإن هذه الـــمقولة صحيحة اعتماداً على الفرضيات المعطاة! والفكرة تكمن في *البدء بالادخار مبكراً* وأن تدع "سحر" التركيب يعمل لمصلحتك!

بضع كلمات لأولي الألباب: إن الادّخار المبكّر للمال والمحافظة على الموارد بالاقتصاد (تفادي الهدر) هما عنصران في غاية الأهمية من عناصر خلق الثروة بوجه عام. وغالباً ما يعنـــي الاقتصاد في الإنفاق تأجيل تحقيق الحاجات المادية المباشرة بغية خلق غد أفضل. من هذا المنطلق، كن في غاية الحذر وتفادى أن تنفق اليوم نقود الغد، عن طريق الاقتراض غير المنضبط (بواسطة بطاقات الائتمان، مثلاً). يبين العامل ($F / A, i\%, N$) السرعة التـــي يمكن فيها لديونك أن تتراكم!

2.9.3 إيجاد P عندما تكون A معلومة

ينتج من المعادلة (2.3)، أن $F = P\,(1 + i\,)^N$. وبتعويض F في المعادلة (6.3)، يظهر أن:

$$P(1+i)^N = A\left[\frac{(1+i)^N - 1}{i}\right]$$

فإذا قسّمنا طرفي المعادلة على $(1 + i\,)^N$، نحصل على:

$$P = A\left[\frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N}\right] \qquad (8.3)$$

لذا فإن المعادلة (8.3) هي العلاقة لإيجاد قيمة المكافئ الحالي (منذ بداية المدة الأولى) لسلسلة منتظمة من تدفقات نهاية المدة النقدية مقدارها A لعدد من المدد N. يسمى المقدار الموجود ضمن قوسين *عامل القيمة الحالية لسلسلة منتظمة* uniform series present worth factor. تعطى القيم الرقمية لهذا العامل في العمود الخامس من جداول الملحق C لطيف واسع من قيم i وN. نستخدم لهذا العامل الرمز الوظيفي ($P / A, i\,\%, N$). ويكون:

$$P = A\,(P / A, i\,\%, N) \qquad (9.3)$$

المثال 6-3

إذا خضعت آلة الآن لإصلاح دقيق شـــامل، فإن إنتاجها يمكن أن يزيد بمقدار 20%، وهذا يترجَـــم إلى تدفق نقدي إضافي مقداره $20,000 في نهاية كل عام ولمدة خمسة أعوام. إذا كانت $i = 15\ \%$ سنوياً، فما مقدار المال الذي يمكننا توظيفه لإصلاح هذه الآلة إصلاحاً شاملاً؟

الحل

تبلغ الزيادة في التدفق النقدي $20,000 في العام، وهي تستمر لمدة خمسة أعوام بمعدل فائدة سنوي 15%. الحد الأقصى الذي يمكننا إنفاقه الآن هو:

$$P = \$20,000\,(P/A, 15\%, 5)$$
$$= \$20,000\,(3.3522)$$
$$= \$67,044$$

المثال 3-7

افترض أن عمّك الغني يملك $1,000,000 يريد توزيعها على ورثته بمعدل $100,000 سنوياً. فإذا أودع مبلغ $1,000,000 في حساب مصرفي بفائدة سنوية مقدارها 6%، فكم سنة يستغرق استنفاد الحساب بالكامل؟ وكم من الوقت يستغرق استنفاد الحساب إذا كانت الفائدة 8% سنوياً بدلاً من 6%؟

الحل

من (الجدول C.9)، حلّ المعادلة التالية للحصول على N: $\$1,000,000 = \$100,000\,(P/A, 6\%, N)$ فستجد أن: $N = 15.7$ عام وعندما يرتفع معدل الفائدة إلى 8%، يحتاج إيصال الحساب المصرفي إلى الصفر إلى 20.9 عام، وهو ما نتوصل إليه بحل هذه المعادلة: $(P/A, 8\%\, N) = \$1,000,000 / \$100,000$.

3.9.3 إيجاد A عندما تكون F معلومة

بأخذ المعادلة (6.3) وحلّها للحصول على A، فإننا نجد أن:

$$A = F\left[\frac{i}{(1+i)^N - 1}\right] \qquad (10.3)$$

وهكذا فإن المعادلة (10.3) هي العلاقة لإيجاد المبلغ A، لسلسلة منتظمة من التدفقات النقدية التي تحدث في نهاية N مدة فائدة التي تكون مكافئة (أي لها نفس القيمة) لقيمتها المستقبلية المكافئة التي تقع في نهاية المدة الأخيرة. يسمى المقدار الموجود داخل القوسين *عامل حساب السداد* **the sinking fund factor**. تعطى القيم الرقمية لهذا العامل في العمود السادس من جداول الملحق C لطيف واسع من قيم i وN. سنستخدم لهذا العامل الرمز الوظيفي التالي: $(A/F, i\%, N)$. ويكون:

$$A = F\,(A/F, i\%, N) \qquad (11.3)$$

المثال 3-8

تخطط طالبة مغامرة لأن يكون لها ادخار شخصي قيمته الإجمالية $ 1,000,000 عندما تتقاعد عن عمر يناهز الخامسة والستين. وهي تبلغ الآن من العمر 20 عاماً. فكم عليها أن تدخر بطريقة دفعات نهاية عام متساوية حتى تحقق هدفها هذا، إذا كان معدل الفائدة السنوية الذي ستحصل عليه من حسابها الادخاري 7% على مدى الـ 45 عاماً القادمة ؟

الحل

يبلغ المبلغ المستقبلي F، $1,000,000. المبلغ السنوي المكافئ الذي على الطالبة ادخاره في *صندوق الدفع* a sinking

fund ينمو ليصل إلى $1,000,000 خلال 45 عاماً بمعدل فائدة سنوية مقداره 7% (انظر الجدول C-10) هو:

$$A = \$1,000,000\ (A / F, 7\%, 45)$$
$$= \$1,000,000\ (0.0035)$$
$$= \$3,500.$$

تجد في (الجدول 3.3) مثالاً آخر على هذا النوع من المسائل، إضافة إلى مخطط تدفق نقدي وحلّ.

4.9.3 إيجاد A عندما تكون P معلومة

بأخذ المعادلة (3-8) وحلّها للحصول على A، نجد أن:

$$A = P\left[\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}\right] \qquad (12.3)$$

وهكذا فإن المعادلة (12.3) هي العلاقة لإيجاد المبلغ A لسلسلة منتظمة من التدفقات النقدية تحدث في نهاية كل مدة من مدد الفائدة N التـــي يمكن أن تكون مكافئة للمكافئ الحالي P الذي يحدث في بداية المدة الأولى، أو يمكن أن تبادل به. تسمى الكمية التـــي تظهر ضمن قوسين *عامل استرداد رأس المال* the capital recovery factor[1]. تعطى القيم العددية لهذا العامل في العمود السابع من جداول الملحق C لطيف واسع من قيم i أو N. سنستخدم لهذا العامل الرمز الوظيفي التالي $(A / P, i\%, N)$. ويكون:

$$A = P\ (A / P, i\ \%, N) \qquad (13.3)$$

أوردنا في (الجدول 1.3) مثالاً يَستخدم التكافؤ بين مبلغ قرض إجمالي حالي وسلسلة من الدفعات السنوية المنتظمة والمتساوية التـــي تبدأ في نهاية العام الأول وتستمر حتـــى نهاية العام الرابع (الخطة 3). تعطي المعادلةُ (13.3) القيمةَ المكافئة لـــ A التـــي تسدد قرض الـــ $8,000 إضافة إلى 10% فائدة سنوية لمدة أربع سنوات:

$$A = \$8,000\ (A / P, 10\%, 4) = \$8,000\ (0.3155) = \$2,524$$

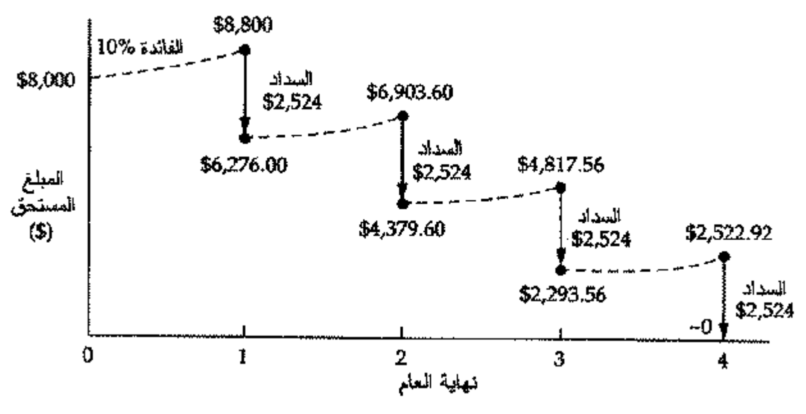
أصبح بالإمكان الآن فهم المداخل الواردة في العمودين الثالث والخامس من الخطة 3 في (الجدول 1.3) فهماً أفضل. تبلغ الفائدة المترتبة في نهاية العام الأول ما يعادل (0.10) $8,000، أي إن رأس المال المسدد من إجمالي دفعة نهاية العام البالغ $2,524 هو الفارق، أي $1,724. في بداية العام الثانـــي، يصبح مبلغ رأس المال المستحق هو: $8,000 - $1,724 = $6,276. والفائدة المستحقة في نهاية العام الثانـــي: $628 ≅ (0.10) $6,276 ورأس المال المسدد في ذاك الوقت هو: $1,896 = $628 - $2,524. نحصل على المداخل المتبقية في الخطة 3 عن طريق إجراء هذه الحسابات للعامين الثالث والرابع.

يبيّن في (الشكل 7.3) ملخصاً بيانياً للخطة 3. يمكننا أن نرى هنا أن فائدة مقدارها 10% تدفع عند تسديد المبلغ المستحق في بداية العام وأن دفعات آخر العام البالغة $2,524 والتـــي تتضمن الفائدة ورأس المال، توصل المبلغ المستحق إلى الصفر في نهاية العام الرابع. (تبلغ القيمة الحقيقية لـــ A $2,523.77 وتنتج قيمة دقيقة تساوي $0 في نهاية أربع أعوام). من المهم الإشارة إلى أن جميع عوامل فائدة السلاسل المنتظمة الواردة في الجدول 3.3 تنطوي على المفهوم نفسه الممثل في

---

[1] يعبَّر عن عامل استرداد رأس المال تعبيراً أكثر مناسبة كالتالي: $i / [1 - (1 + i)^{-N}]$ وذلك بغرض الحسابات باستخدام آلة حاسبة.

(الشكل 7.3).



الشكل 7.3: العلاقة بين التدفقات النقدية العائدة للخطة 3 من الجدول 1.3 وسداد رأس مال القرض البالغ $8,000.

في (الجدول 3.3) مثال آخر على مسألة نرغب فيها بحساب قيمة مكافئة لـــ A ، اعتماداً على قيمة معطاة لـــ P ومعدل فائدة وعدد مدد تركيب معلومة.

في حالة معدل فائدة سنوية مقداره 10%، لا بد أن يكون القارئ قد اقتنع الآن من (الجدول 3.3) أن $1,000 في بداية العام الأول تعادل $187.45 في نهاية الأعوام 1 وحتـــى 8، وهي عندها تكافئ $2,143.60 في نهاية العام الثامن.

5.9.3 علاقات عامل الفائدة: خلاصة

نلخص هذه الفقرة بتقديم معادلات ورسوم بيانية عن العلاقات القائمة بين القسط السنوي وقيمه المكافئة الحالية والمستقبلية:

$$(A/P, i\%, N) = \frac{1}{(P/A, i\%, N)} \tag{14.3}$$

$$(A/F, i\%, N) = \frac{1}{(F/A, i\%, N)} \tag{15.3}$$

$$(F/A, i\%, N) = (P/A, i\%, N)\,(F/P, i\%, N) \tag{16.3}$$

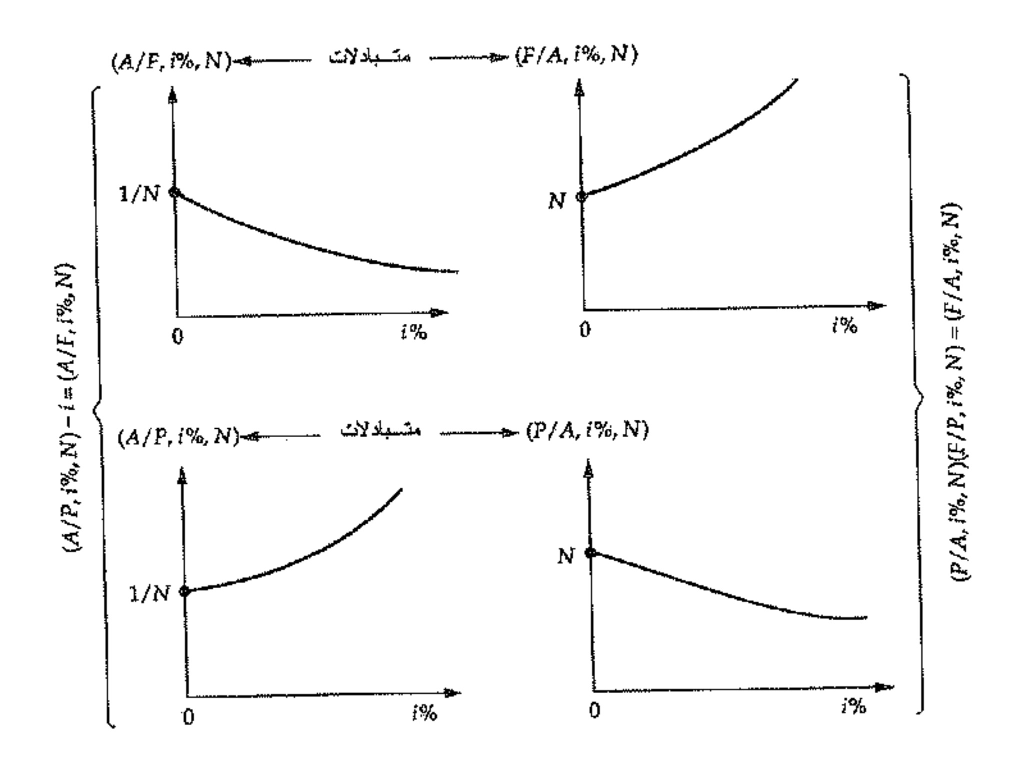
$$(P/A, i\%, N) = \sum_{k=1}^{N} (P/F, i\%, k) \tag{17.3}$$

$$(F/A, i\%, N) = \sum_{k=1}^{N} (F/P, i\%, N-k) \tag{18.3}$$

$$(A/F, \mathrm{i}\%, N) = (A/P, \mathrm{i}\%, N) - \mathrm{i} \tag{19.3}$$

موقع مرافق على شبكة الإنترنت (/http://www.prenhall.com/sullivan-engineering): بدأت العديد من التجمعات السكنية باستخدام سيارات قمامة ذات أذرع آلية مؤتمتة لتجميع القمامة من زوايا الأرصفة. قم بزيارة الموقع للوقوف على مقارنات اقتصادية *للمكافئات الحالية والمستقبلية* بين الأساليب المؤتمتة والأساليب التقليدية اليدوية المستخدمة في تجميع القمامة.

ففي حالة قيمة ثابتة لـــ N، تساعد الرسوم البيانية التالية في تصور المعادلات السابقة:



10.3 علاقات الفائدة للتركيب المتقطع والتدفقات النقدية المتقطعة

يوفر (الجدول 4.3) ملخصاً لأكثر ستة عوامل فائدة مركبة متقطعة، باستخدام رموز من الفقرات السابقة. تعود الصيغ *للتركيب المتقطع* discrete compounding، أي إن الفائدة تركب في نهاية كل مدة محددة الطول، كشهر أو سنة.

الجدول 4.3: عوامل ورموز الفائدة المركبة المتقطعة.

المطلوب إيجاد	المعلوم	العامل الذي نضرب به[a]	اسم العامل	رمز العامل الوظيفي[b]
لتدفق نقدي وحيد				
F	P	$(1+i)^N$	الكمية المركبة لدفعة وحيدة	$(F/P, i\%, N)$
P	F	$\frac{1}{(1+i)^N}$	القيمة الحالية لدفعة وحيدة	$(P/F, i\%, N)$
لسلسلة منتظمة (أقساط سنوية)				
F	A	$\frac{(1+i)^N-1}{i}$	الكمية المركبة لسلسلة منتظمة	$(F/A, i\%, N)$
P	A	$\frac{(1+i)^N-1}{i(1+i)^N}$	القيمة الحالية لسلسلة منتظمة	$(P/A, i\%, N)$
A	F	$\frac{i}{(1+i)^N-1}$	حساب (صندوق) سداد	$(A/F, i\%, N)$
A	P	$\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N-1}$	استرداد رأس المال	$(A/P, i\%, N)$

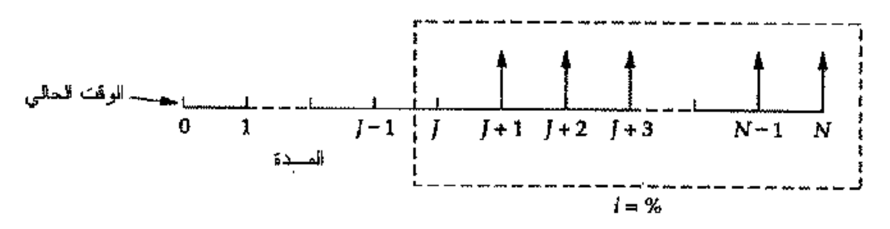
[a] i، معدل الفائدة الفعال لكل مدة فائدة؛ N عدد مدد الفائدة؛ A، كمية السلسلة المنتظمة (يحدث في نهاية كل مدة فائدة)؛ F، المكافئ المستقبلي؛ P، المكافئ الحالي.

[b] يستخدم نظام الرموز الوظيفية في كل مراحل هذا الكتاب.

إضافة إلى ذلك، تفترض الصيغ أيضاً تدفقات نقدية متقطعة (أي مبلغ مجمل)، تقع في نهاية مدد متباعدة بالتساوي على مخطط التدفق النقدي البيانـــي. تعطى عوامل الفائدة المركبة المتقطعة في الملحق C، حيث يفترض أن i تظل ثابتة طوال مدد التركيب N.

11.3 الأقساط السنوية المؤجلة (السلاسل المنتظمة)

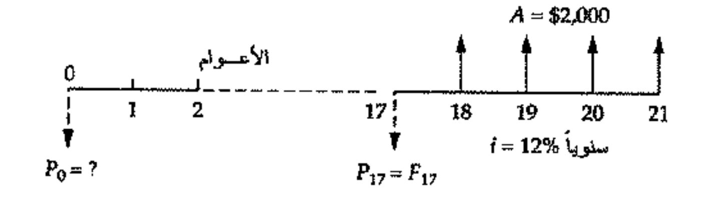
تنطوي كل الأقساط السنوية (السلاسل المنتظمة) التـــي بحثت حتـــى الآن على حدوث أول تدفق نقدي في نهاية المدة الأولى، وهي تسمى *الأقساط السنوية العادية*. إذا لم يبدأ التدفق النقدي إلا في وقت لاحق، فإن القسط السنوي يعرف باسم *القسط السنوي المؤجل*. وإذا أُجّل القسط السنوي j مدةً ($j < N$)، فإن الوضع يكون كما يصوره (الشكل 8.3)، حيث نقل القسط السنوي العادي المؤطر بكامله إلى الأمام من "الزمن الحاضر"، أو "الزمن 0" بمقدار j مدة. تذكّر أنه فيما يتعلق بقسط سنوي مؤجل j مدة، تسدد الدفعة الأولى في نهاية المدة ($j + 1$)، بفرض أن كل المدد ذات الصلة متساوية من حيث الطول.



الشكل 8.3: تمثيل عام لتدفق نقدي عائد لقسط سنوي مؤجل (سلسلة منتظمة).

ينتج من المعادلة (9.3)، أن المكافئ الحالي لقسط سنوي ما بتدفق نقدي مقداره A هو في نهاية الفترة $A\,(P/A\,,\,i\,\%,\ N-j)$. أي إن المكافئ الحالي للكمية المفردة $A\,(P/A\,,\,i\%\,,\,N-J)$ في الفترة 0 سيكون:

$$A\,(P/A, i\,\%, N-J)\,(P/F, i\,\%, J)$$



الشكل 9.3: مخطط التدفق النقدي لمسألة القسط السنوي المؤجل في المثال 3-9.

المثال 3-9

لإيضاح ما سبق بحثه، افترض أن أباً رغب في يوم مولد ابنه تحديد المبلغ الإجمالي الذي يجب إيداعه في حساب مصرفي بفائدة مقدارها 12% سنوياً لتحقيق سحوب مصرفية قيمة كل منها $2,000 في عيد ميلاد ابنه الثامن عشر والتاسع عشر و العشرين والواحد والعشرين.

الحل

تُمثّل المسألة في (الشكل 9.3). علينا أولاً ملاحظة أن هناك قسطاً سنوياً من أربعة سحوب قيمة كل منها $2,000،

وأن المكافئ الحالي لهذا القسط السنوي يقع في عيد الميلاد السابع عشر حيث يستخدم عامل $(P / A, i\%, N - J)$. في هذه المسألة، $N = 21$ و$J = 17$. من المفيد غالباً استخدام حرف *سفلي* **subscript** مع P أو مع F للدلالة على النقطة الخاصة من الزمن. فيكون:

$$P_{17} = A\,(P / A,\ 12\%,\ 4) = \$2{,}000\ (3.0373) = \$6{,}074.60$$

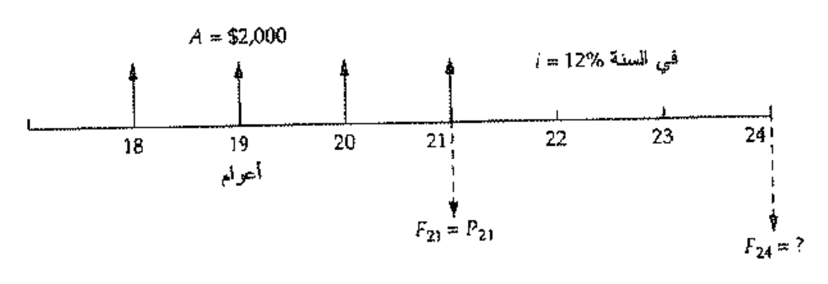
لاحظ أن السهم ذا الخطوط المتقطعة في (الشكل 9.3) يدل على P_{17}. والآن وقد أصبحت P_{17} معلومة، فإن الخطوة الثانية هي حساب P_0. إن P_{17} هي مكافئ مستقبلي لـــ P_0، ويمكن أن يرمز إليها أيضاً بـــ F_{17}. وإن المال في نقطة معطاة من الزمن، كنهاية المدة 17، هو نفسه بقطع النظر عما إذا كان يدعى مكافئاً حالياً أو مكافئاً مستقبلياً. ويكون:

$$P_0 = F_{17}\,(P / F,\ 12\%,\ 17) = \$6{,}074.60\ (0.1456) = \$884.46$$

وهو المبلغ الذي يجب على الوالد إيداعه في نفس اليوم الذي ولد ابنه فيه.

المثال 10-3

إضافة إلى المسألة الواردة في 3-9، افترض أن الوالد يرغب في تحديد القيمة المكافئة للسحوب الأربعة التي تبلغ قيمة كل منها $2,000 ابتداء من عيد ميلاد ابنه الرابع والعشرين. هذا يعني أن المبالغ الأربعة لم تسحب قط، أو أن الابن أخذها ثم عاد وأودعها فوراً في حساب يأتي أيضاً بفائدة مقدارها 12% سنوياً. باستخدام نظام الترميز السفلي الذي أوردناه ، نرغب في حساب F_{24} كما هو مبين في (الشكل 10.3).



الشكل 10.3: مخطط التدفق النقدي لمسألة القسط السنوي المؤجل في المثال 3-10.

الحل

إحدى طرق حل هذه المسألة هي في حساب:

$$F_{21} = A\,(F / A,\ 12\%,\ 4) = \$2{,}000\ (4.7793) = \$9{,}558.60$$

لتحديد F_{24}، أصبح بالإمكان الآن أن نرمز لـــ F_{21} بـــ P_{21}، و:

$$F_{24} = P_{21}\,(F / P,\ 12\%,\ 3) = \$9{,}558.60\ (1.4049) = \$13{,}428.88$$

هناك طريقة أخرى أسرع لحل هذه المسألة، وذلك بملاحظة أن كلاً من: $P_{17} = \$6{,}074.60$ و$P_0 = \$884.46$ مكافئ لسحوبات الـــ $2,000 الأربعة. لذا يمكن إيجاد P_{24} مباشرة، إذا ما أعطينا P_{17} أو P_0. باستخدام P_0 نحصل على:

$$F_{24} = P_0\,(F / P,\ 12\%,\ 24) = \$884.46\ (15.1786) = \$13{,}424.86$$

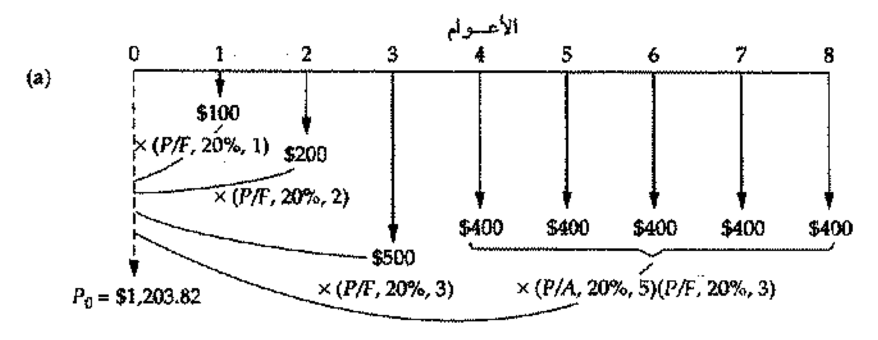
والجواب هنـا قريب جداً من الجواب السابق. فالعددان يختلفان بفارق 4.02$، وهو ما يمكن إرجاعه إلى خطأ تدوير عامل الفائدة.

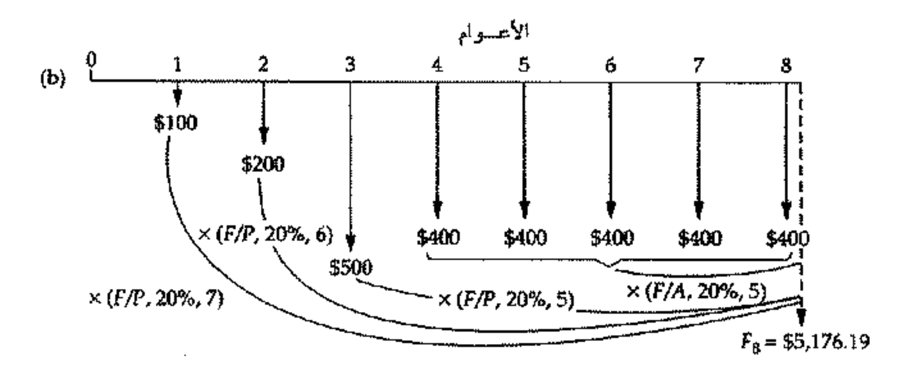
12.3 حسابات التكافؤ التـي تنطوي على صيغ فائدة متعددة

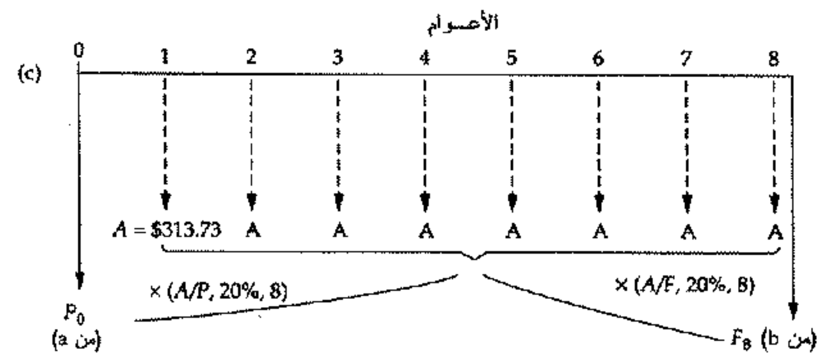
لا بد أن يكون القارئ قد ألف الآن التعامل مع مسائل التكافؤ التـي تنطوي على تركيب متقطع للفائدة وعلى تدفقات نقدية متقطعة. يحدث كل تركيب للفائدة مرة واحدة في المدة الواحدة (أي في العام الواحد)، وحتـى هذه النقطة، يحدث التدفق النقدي كذلك مرة واحدة في كل مدة. تزوّد هذه الفقرة بثلاثة أمثلة تنطوي على حسابـي تكافؤ أو أكثر لإيجاد كمية مجهولة. نستخدم هنا اصطلاح التدفق النقدي لنهاية العام. وهنا أيضاً، معدل الفائدة ثابت طوال المدد N.

المثال 11-3

يُظهر (الشكل 11.3) مثالاً لمسألة فيها سلسلة من تدفقات نهاية– العام النقدية، ممتدة على مدى ثمانية أعوام: الكميات هي للعام الأول 100$، و200$ للعام الثانـي، و500$ للعام الثالث، و400$ من العام الرابع وحتـى الثامن. يمكن لهذه







الشكل 11.3: المثال 11-3 لحساب قيم المكافئات P وF وA.

المبالغ أن تكون مثلاً النفقات المتوقعة لصيانة قطعة تجهيزات، أو دفعات لصندوق ما. لاحظ أن الدفعات تبين في نهاية كل عام، وهو افتراض معياري (تقليد) في هذا الكتاب وفي التحليل الاقتصادي بوجه عام، ما لم تُشر المعلومات إلى خلاف ذلك. ومن المرغوب فيه معرفة (آ) الإنفاق المكافئ الحالي P_0؛ و(ب) الإنفاق المكافئ المستقبلي F_8، و(ج) الإنفاق المكافئ السنوي A لهذه التدفقات النقدية، إذا كان معدل الفائدة السنوية يبلغ 20%.

الحل

(آ) لإيجاد المكافئ P_0، يحتاج المرء لجمع القيم المكافئة لكل الدفعات ابتداء من بداية العام الأول (الزمن صفر). يظهر (الشكل 11.3) (آ) بيانياً تحركات المال المطلوبة عبر الزمن:

$P_0 = F_1 (P/F, 20\%, 1)$	$= \$100(0.8333)$	$= \$\ 83.33$
$+F_2 (P/F, 20\%, 2)$	$+ \$200(0.6944)$	$+ 138.88$
$+F_3 (P/F, 20\%, 3)$	$+ \$500(0.5787)$	$+ 289.35$
$+A (P/A, 20\%, 5) \times (P/F, 20\%, 3)$	$+ \$400(2.9900)\times(0.5787)$	$\underline{+ 692.26}$
		$\$\ 1,203.82$

(ب) لإيجاد المكافئ F_8، يمكن جمع القيم المكافئة لكل الدفعات ابتداء من نهاية العام الثامن (الزمن 8). يوضح (الشكل 11.3) (ب) تحركات المال هذه عبر الزمن. ولكن لما كان المكافئ P_0 معلوم سلفاً وهو 1,203.82$، فإنه بالإمكان مباشرة حساب:

$$F_8 = P_0 (F/P, 20\%, 8) = \$\ 1,203.82\ (4.2998) = \$\ 5,176.19$$

(ج) يمكن حساب المكافئ A للتدفق النقدي غير المنتظم مباشرة إما من P_0 وإما من F_8 كالتالي:

$$A = P_0 (A/P, 20\%, 8) = \$1,203.82(0.2606) = \$313.73$$

أو:

$$A = F_8 (A/F, 20\%, 8) = \$5,176.19(0.0606) = \$313.73$$

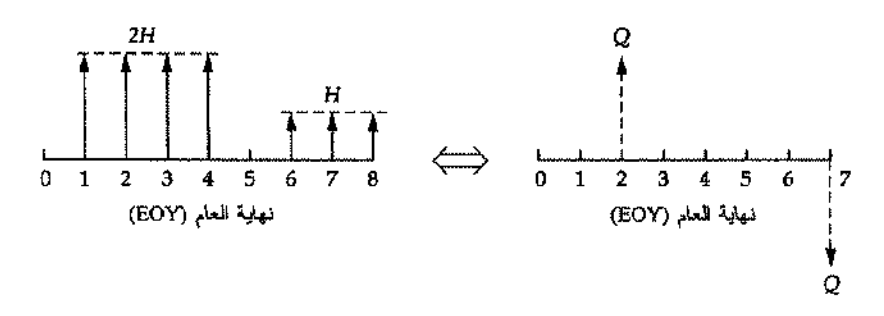
يُظهر (الشكل 11.3) (ج) حساب A من P_0 وF_8. نـــجد بالتالي أن سلاسل الدفعات غير المنتظمة التـــي تظهر في (الجدول11.3) تكافئ 1,203.82$ في الزمن صفر، و5,176.19$ في الزمن ثمانية، أو سلسلة منتظمة قيمة كل منها 313.73$ في نهاية كل عام من الأعوام الثمانية.

المثال 3-12

حوِّل التدفقات النقدية التـــي تظهر على الجانب الأيسر من (الشكل 12.3) إلى التدفقات النقدية المكافئة على الجانب الأيمن من الشكل. أي خذ الكميات كما وردت في الجانب الأيسر وحدد قيمة Q المجهولة بدلالة H في (الشكل 12.3). معدل الفائدة السنوية 10%. (لاحظ أن ⇔ تعنـــي "مكافئ لــ").

الحل

إذا حسمت كل التدفقات النقدية على اليسار إلى السنة صفر، يكون لدينا: $P_0 = 2H (P/A, 10\%, 4) + H (P/A, 10\%, 3) (P/F, 10\%, 5) = 7.8839H$. عندما تحسم أيضاً التدفقات النقدية على اليمين إلى العام صفر، يمكننا أن نجد Q



الشكل 12.3 مخططات التدفق النقدي للمثال 12.3.

بدلالة H. [لاحظ أن Q في نهاية العام (EOY) الثانـي موجبة، وQ في نهاية العام السابع سالبة، وأن قيمتـي Q يجب أن تتساويا من حيث الكمية] لذا:

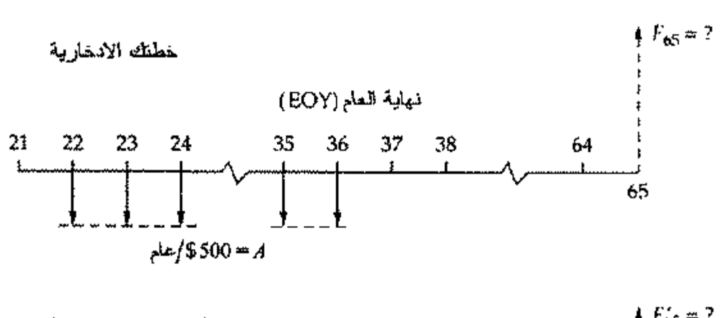
$$7.8839H = Q\,(P/F, 10\%, 2) - Q\,(P/F, 10\%, 7)$$

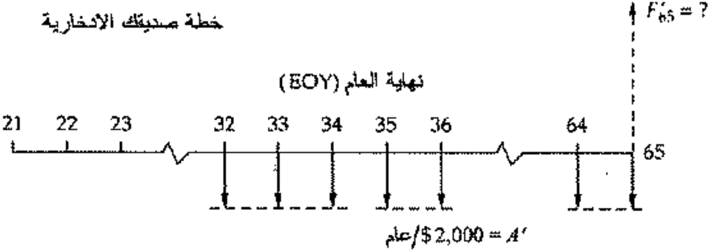
أو

$$Q = 25.172\,H$$

المثال 13-3

افترض أنك بدأت بخطة توفير تقوم فيها بتوفير \$500 في العام ولـمدة 15 عاماً. تودع أول دفعة وأنت في سن الثانية والعشرين، ثم تترك المبلغ المتراكم في خطة الادخار (**ولا تقوم** بإيداع أية دفعة سنوية أخرى) حتـى تبلغ الخامسة والستين. عندئذ تسحب المبلغ المتراكم بكامله. إن متوسط معدل الفائدة السنوية التـي تجنيها من خطة الادخار هذه %10.





الشكل 13.3: مخططا التدفق النقدي للمثال 13.3.

إحدى صديقاتك من جامعة ولاية مينيسوتا Minnesota State (عمرها تماماً مثل عمرك) انتظرت عشرة أعوام كي تبدأ خطتها للادخار. (أي إن عمرها 32 عاماً). قررت ادخار \$2,000 كل سنة بفائدة سنوية قدرها %10. ستدفع تلك

المبالغ السنوية إلى أن تبلغ الخامسة والستين. عندئذ ستسحب المبلغ الإجمالي المتراكم.

كم سيكون عمرك عندما تتجاوز كمية المدخرات *المتراكمة* في حساب صديقتك مدخراتك أنت؟ ضع أي افتراض تراه ضرورياً.

الحل

إن وضع مخططات التدفق النقدي للمثال 3-13 خطوة أولى ضرورية على طريق حل المسألة ومعرفة عدد السنين المجهول N، إلى أن تتعادل القيم المستقبلية لكلا خطتـــي الادخار. يُظهر المخططان البيانيان في (الشكل 13.3). إن المكافئ المستقبلي (F) لخطتك هو: $500 (F / A, 10%, 15) (F / P, 10%, N – 36)$، والـــمكافئ المستقبلي لخطة صديقتك هو: $F' = \$2,000 (F / A, 10\%, N – 31)$. من الواضح أن N، وهي العمر الذي يكون فيه $F = F'$ أكبر من 32 عاماً. بافتراض أن معدل الفائدة يبقى ثابتاً على 10% سنوياً، فإنه يمكن تحديد قيمة N بالتجربة والخطأ:

خطة صديقتك F'	خطتك F	N
\$12,210	\$15,886	36
\$18,974	\$19,222	38
\$22,872	\$21,145	39
\$27,159	\$23,259	40

مع بلوغك التاسعة والثلاثيـــن من عمرك، تكون مدخرات صديقتك المتراكمة قد تجاوزت مدخراتك. (ولو كنت قد ادخرت \$1,000 بدلاً من \$500، سيكون عمرك أكثر من 76 عاماً عندما تـــتجاوز خطة صديقتك خطتك. العبرة: ابدأ بالادخار باكراً!

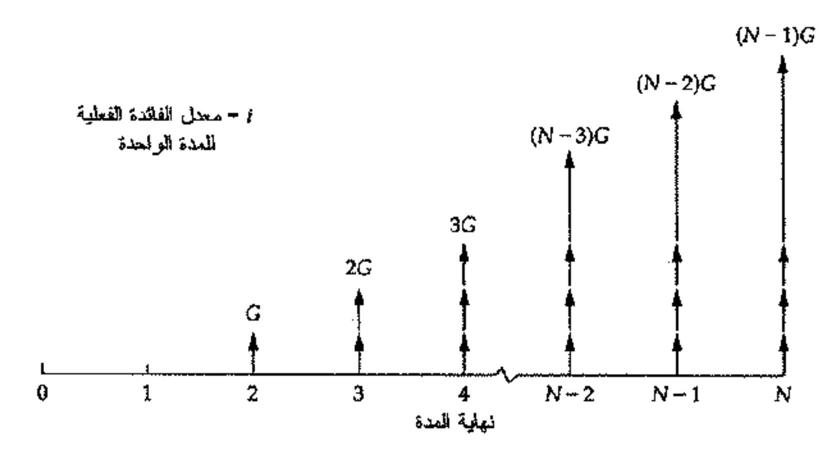
13.3 صيغ الفائدة التـــي تربط تدرجاً منتظماً من التدفق النقدي بمكافئاته السنوية والحالية

تنطوي بعض المسائل على مبالغ مستلمة أو نفقات قابلة للزيادة أو النقصان بقدر منتظم في كل مدة، مشكّلة بذلك متوالية حسابية من التدفقات النقدية. فمثلاً، وبسبب استئجار نوع ما من المعدات ، فإن الاقتصاد في الصيانة والإصلاح نسبة إلى شراء الآلة يمكن أن يزداد تقريباً في كل مدة بمقدار ثابت. يمكن لهذه الحالة أن تنمذج كتدرج منتظم من التدفقات النقدية.

إن (الشكل 14.3) هو مخطط تدفق نقدي لسلسلة تدفقات نهاية – مدة نقدية متزايدة بمقدار ثابت G في كل مدة. يُعرَّف G بأنه *مقدار التدرج المنتظم*. لاحظ أن توقيت التدفق النقدي الذي تستند إليه الصيغ والجداول المستنبطة هو كالتالي:

التدفق النقدي	نهاية المدة
0	1
G	2
$2G$	3
.	.
.	.
.	.
$(N – 2) G$	$N – 1$
$(N – 1) G$	N

لاحظ أن أول تدفق نقدي يحدث في نهاية المدة الثانية.



الشكل **14.3**: مخطط التدفق النقدي لمنحنى منتظم يزداد بمقدار G من الدولارات في الفترة الواحدة.

1.13.3 إيجاد F عندما تكون G معلومة

إن المكافئ المستقبلي F لتسلسل عددي من التدفقات النقدية المبين في (الشكل 14.3) هو:

$$F = G(F/A, i\%, N-1) + G(F/A, i\%, N-2) + \dots + G(F/A, i\%, 2) + G(F/A, i\%, 1)$$

أو:

$$F = G\left[\frac{(1+i)^{N-1}-1}{i} + \frac{(1+i)^{N-2}-1}{i} + \dots \frac{(1+i)^{2}-1}{i} + \frac{(1+i)^{1}-1}{i}\right]$$

$$= \frac{G}{i}\left[(1+i)^{N-1} + (1+i)^{N-2} + \dots + (1+i)^{2} + (1+i)^{1} + 1\right] - \frac{NG}{i}$$

$$= \frac{G}{i}\left[\sum_{k=0}^{N-1}(1+i)^{k}\right] - \frac{NG}{i}$$

$$F = \frac{G}{i}(\mathrm{F/A}, i\%, \mathrm{N}) - \frac{NG}{i} \qquad (20.3)$$

وبدلاً من التعامل مع قيم المكافئ المستقبلي، يكون التعامل عادة مع المكافئات السنوية أو المكافئات الحالية الواردة في (الشكل 14.3) عملياً أكثر.

2.13.3 إيجاد A عندما تكون G معلومة

من المعادلة (20.3)، يمكن بسهولة التعبير عن A كالتالي:

$$A = F(A/F, i, N)$$

$$= \left[\frac{G}{i}(A/F, i, N) - \frac{NG}{i}\right](A/F, i, N)$$

$$= \frac{G}{i} - \frac{NG}{i}(A/F, i, N)$$

$$= \frac{G}{i} - \frac{NG}{i}\left[\frac{\mathrm{i}}{(1+i)^{\mathrm{N}}-1}\right]$$

$$A = G\left[\frac{1}{i} - \frac{N}{(1+i)^N - 1}\right] \quad (21.3)$$

يسمى الحد الموجود ضمن القوسين في المعادلة (21.3) *التدرج لعامل تحويل السلاسل المنتظمة* The gradient to uniform series conversion factor. تعطى القيم الرقمية لهذا العامل في الجانب الأيسر من الملحق C لطيف من قيم i و N. سنستخدم لهذا العامل الرمز الوظيفي $(A / G, i\,\%, N)$. ويكون:

$$A = G\,(A/G, i\,\%, N) \quad (22.3)$$

3.13.3 إيجاد P عندما تكون G معلومة:

يمكننا الآن استخدام المعادلة (21.3) لإيجاد التكافؤ بين P و G:

$$\begin{aligned} P &= A(P/A, i\,\%, N) \\ &= G\left[\frac{1}{i} - \frac{N}{(1+i)^N - 1}\right]\left[\frac{(1+i)^N - 1}{i\,(1+i)^N}\right] \\ &= G\left[\frac{(1+i)^N - 1 - N\,i}{i^2(1+i)^N}\right] \end{aligned}$$

$$P = G\left\{\frac{1}{i}\left[\frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} - \frac{N}{(1+i)^N}\right]\right\} \quad (23.3)$$

يسمى الحدّ الموجود بين قوسين في المعادلة (23.3) *التدرج لعامل تحويل المكافىء الحالي* gradient to present equivalent conversion factor. ويمكن أيضاً التعبير عنه بـ $(1/i)\,[(P/A, i\%, N) - N(P/F, i\%, N)]$ تعطى القيم العددية لهذا العامل في العمود 8 من الملحق C، لطيف واسع من قيم i وN. سنستخدم للدلالة على هذا العامل الرمز الوظيفي $(P / G, i\%, N)$ ، ويكون:

$$P = G\,(P/G, i\%, N) \quad (24.3)$$

4.13.3 الحسابات باستخدام G

لاحظ أن الاستخدام المباشر لعوامل تحويل التدرج يطبق عندما لا يكون هناك تدفق نقدي في نهاية المدة الأولى، كما يبين المثال 3-14. قد يكون هناك مقدار A في نهاية المدة الأولى، لكنه يعالج بأسلوب مستقل، كما يوضح المثالان 3-15 و 3-16. تتحقق ميزة رئيسية من استخدام عوامل تحويل التدرج (أي تقليل في وقت الحسابات) عندما تصبح N كبيرة.

المثال 3-14

لنفترض، كمثال على الاستخدام المباشر لعوامل تحويل التدرج، أنه من المتوقع أن تصل بعض تدفقات نهاية العام النقدية إلى $1,000 للعام *الثاني*، وأن تبلغ $2,000 في العام الثالث، و$3,000 في العام الرابع، وأنه إذا كانت الفائدة 15%، فإن المطلوب إيجاد (آ) قيمة المكافئ الحالي في بداية العام الأول، و(ب) القيمة المكافئة السنوية المنتظمة في نهاية كل عام من الأعوام الأربعة.

الحل

لاحظ أن برنامج التدفقات النقدية الزمني هذا يلائم (يتفق مع) صيغ التدرج الحسابي في حال $G = \$1,000$ و

$N = 4$. (انظر الشكل 14.3). لاحظ عدم وجود تدفق نقدي في نهاية المدة الأولى.

(آ) يمكن حساب المكافئ الحالي كالتالي:

$$P_0 = G\,(P / G, 15\%, 4) = \$1,000\ (3.79) = \$3,790$$

(ب) يمكن حساب المكافئ السنوي من المعادلة (3-22) كالتالي:

$$A = G\,(A / G, 15\%, 4) = \$1,000\ (1.3263) = \$1,326.30$$

طبعاً بمجرد معرفة P_0، يمكن حساب قيمة A كالتالي:

$$A = P_0\,(A / P, 15\%, 4) = \$3,790(0.3503) = \$1,326.30$$

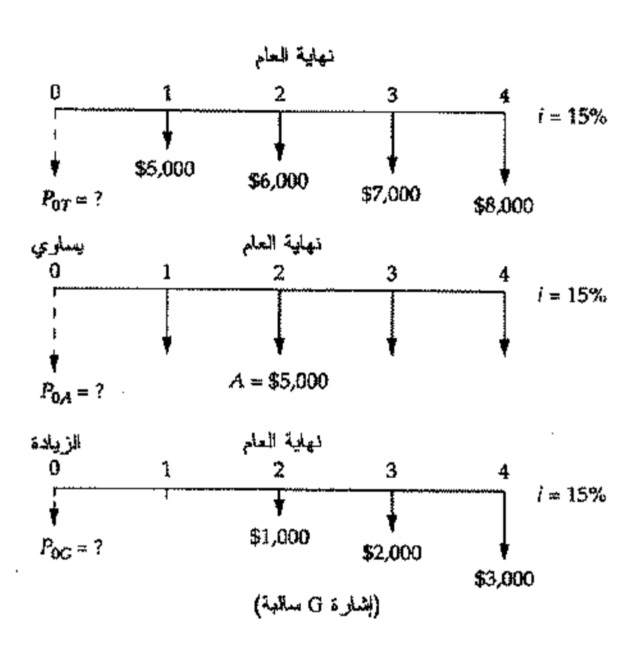
المثال 3-15

كمثال إضافي على استخدام صيغ التدرج الحسابـي، افترض أن لأحدهم تدفقات نقدية كالتالي:

نهاية العام	التدفق النقدي ($)
1	−5,000
2	−6,000
3	−7,000
4	−8,000

افترض أيضاً أن أحدهم يرغب بحساب مكافئها الحالي عندما $i = 15\%$ في العام باستخدام عوامل تحويل التدرج.

الحل



الشكل 15.3: تحليل التدفقات النقدية العائد للمثال 15.3.

إن جدول التدفقات النقدية مبين في المخطط العلوي (للشكل 15.3). المخططان اللذان يظهران في أسفل (الشكل 15.3) يبينان كيف يمكن تقسيم الجدول الأولي إلى مجموعتين منفصلتين من التدفقات النقدية، سلسلة أقساط شهرية مؤلفة من *دفعات* قيمة كل منها $5,000، إضافة إلى *دفعة* تدرج حسابـي بقيمة $1,000 تلائم نموذج التدرج العام الذي من

أجله جدولت العوامل. إن مجموع المكافئات الحالية لمجموعتـــي الدفعات المنفصلتين هذه يساوي المكافئ الحالي للمسألة الأساسية. وهكذا، وباستخدام الرموز المبينة في (الشكل 15.3)، يكون لدينا:

$$P_{0T} = P_{0A} + P_{0G}$$
$$= -A\,(P/A, 15\%, 4) - G\,(P/G, 15\%, 4)$$
$$= -\$5{,}000(2.8550) - \$1{,}000(3.79) = -\$14{,}275 - 3{,}790 = \$ -18{,}065$$

يمكن حساب المكافئ السنوي للتدفقات النقدية الأصلية بالاستعانة بالمعادلة (22.3) على النحو التالي:

$$A_T = A + A_G$$
$$= -\$5{,}000 - \$1{,}000\,(A/G, 15\%, 4) = -\$6{,}326.30$$

A_T هي مكافئة لـــ P_{0T} لأن: $-\$6{,}326.30\,(P/A, 15\%, 4) = -\$18{,}061$. وهي نفس القيمة التـــي حصلنا عليها سابقاً (مع وضع خطأ التدوير في الحسبان).

المثال 3-16

وكمثال آخر على استخدام صيغ التدرج الحسابية، لنفترض أن لأحد الأشخاص تدفقات نقدية ترد زمنياً تماماً بعكس ما هو وارد في الحالة المبينة في المثال 3-15. يظهر المخطط العلوي (للشكل 16.3) التسلسل التالي للتدفقات النقدية:

التدفق النقدي ($)	نهاية العام
−8,000	1
−7,000	2
−6,000	3
−5,000	4

الشكل 16.3: تحليل التدفق النقدي العائد للمثال 16.3.

احسب المكافئ الحالي عندما $i = 15\%$ سنوياً باستخدام عوامل فائدة التدرج الحسابـــي arithmetic gradient interest factors.

الحل

يبين المخططان السفليان في (الشكل 16.3) كيف يمكن أن يقسم التدرج المنتظم إلى مجموعتين منفصلتين من مخططات التدفق النقدي. علينا أن نتذكر أن عوامل التدرج الحسابـــي في الملحق C هي لمقادير تدرج متزايدة. لذا فإن:

$$\begin{aligned} P_{0T} &= P_{0A} + P_{0G} \\ &= -A\,(P/A,\,15\%,\,4) + G\,(P/G,\,15\%,\,4) \\ &= -\$\,8{,}000\,(2.8550) + \$\,1{,}000\,(3.79) \\ &= -\$\,22{,}840 + \$\,3{,}790 = -\$\,19{,}050 \end{aligned}$$

ومرة أخرى، يمكن حساب المكافئ السنوي لسلسلة التدفقات النقدية المتناقصة الأصلية بنفس الطريقة:

$$\begin{aligned} A &= A + A_G \\ &= -\$8.000 + \$\,1.000\,(A/G,\,15\%,\,4) \\ &= -\$6{,}673.70 \end{aligned}$$

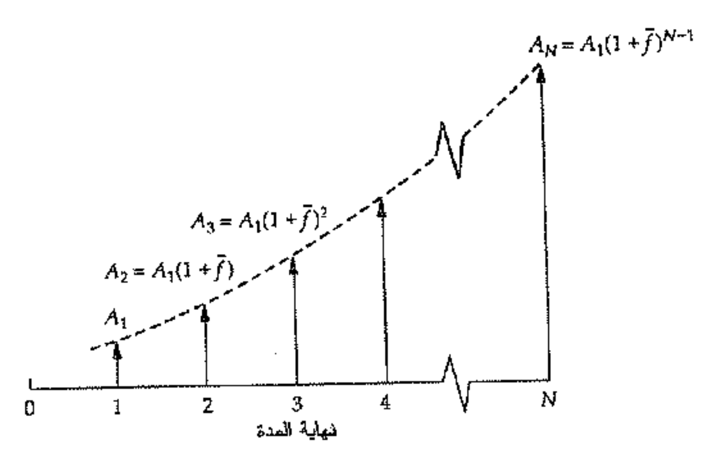
لاحظ من المثالين 3-15 و3-16 أن المكافئ الحالي البالغ $18.065– والعائد لسلسلة تدرج حسابـــي متزايد يختلف عن المكافئ الحالي البالغ $19.050– والعائد لسلسلة تدرج حسابـــي لمبالغ متماثلة، ولكن بتوقيت معكوس (سلسلة دفعات متناقصة).

وقد يكون هذا الفرق أكبر في حالة معدلات فائدة أعلى ومبالغ تدرج أكبر، ويجسّد الأثر البالغ لتوقيت التدفقات النقدية على القيم المكافئة. ومن المفيد أيضاً ملاحظة أن إشارة G تقابل الميل العام لإجمالي التدفقات النقدية عبر الزمن. ففي (الشكل 15.3) مثلاً، ميل إجمالي التدفقات النقدية سالب (G سالب)، في حين أن الميل موجب في (الشكل 16.3) (G موجب).

14.3 صيغ الفائدة التـــي تربط تسلسلاً هندسياً لتدفق نقدي بمكافئاته الحالية والسنوية

تنطوي بعض مسائل التكافؤ الاقتصادي على نماذج من التدفق النقدي المقدرة والتـــي تتغير بمعدل وسطي، $\bar{f}$، في كل مدة. إن مقداراً ثابتاً من السلع التـــي يزداد سعرها بمعدل ثابت كل سنة هي مثال لحالة نموذجية يمكن تمثيلها بواسطة تسلسل هندسي من التدفقات النقدية. يشار إلى النموذج الناتج لتدفق نهاية المدة النقدي *بسلسلة التدرج الهندسي* geometric gradient series، ولها الشكل العام الوارد في (الشكل 17.3). لاحظ أن *التدفق النقدي الأساسي في تلك السلسلة*، A_1، *يحدث في نهاية المدة الأولى*، 1، وأن $A_k = (A_{k-1})(1+\bar{f})$، حيث $N \geq k \geq 2$. إن الحد الـــ N في هذا التسلسل الهندسي هو $A_N = A_1(1+\bar{f})^{N-1}$، والنسبة المشتركة على مدى التسلسل هي: $(A_k - A_{k-1})/A_{k-1} = \bar{f}$. لاحظ أن $\bar{f}$ يمكن أن تكون موجبة أو سالبة.

إن كل حد في (الشكل 17.3) يمكن أن يحسم أو يركب بمعدل فائدة i في لكل مدة وذلك للحصول على قيمة لـــ P أو F على الترتيب. إلا أن هذا يصبح شاقاً حقاً عندما تكون N كبيرة، لذا، من الملائم أن يكون هناك معادلة واحدة عوضاً عن ذلك.



الشكل 17.3: مخطط التدفق النقدي لتسلسل هندسي عائد لتدفقات نقدية تتزايد بمعدل ثابت مقداره $\bar{f}$ لكل مدة.

لتطوير عبارة مضغوطة لـــ P بمعدل فائدة i لكل مدة للتدفقات النقدية العائدة (للشكل 17.3)، انظر إلى الجمع التالي:

$$P=\sum_{k=1}^{N}A_k(1+i)^{-k}=\sum_{k=1}^{N}A_1(1+\bar{f})^{k-1}(1+i)^{-k}$$

أو:

$$P=\frac{A_1}{1+\bar{f}}\sum_{k=1}^{N}\left(\frac{1+\bar{f}}{1+i}\right)^{k} \tag{25.3}$$

عندما تكون $\bar{f} \neq i$، يمكننا تبسيط المعادلة (25.3) بتعريف "معدل مناسب" i_{CR} كما يلي:

$$i_{CR}=\frac{1+i}{1+\bar{f}}-1 \tag{26.3}$$

يمكن أيضاً كتابة هذا المعدل كالتالي: $i_{CR}=(i-\bar{f})/(1+\bar{f})$. في الحالة التـــي تكون فيها $i \neq \bar{f}$، يمكن إعادة كتابة المعادلة (25.3) كالتالي:

$$\begin{aligned}P&=\frac{A_1}{1+\bar{f}}\sum_{k=1}^{N}\left(\frac{1+i}{1+\bar{f}}\right)^{-k}\\&=\frac{A_1}{1+\bar{f}}\sum_{k=1}^{N}(1+i_{CR})^{-k}\\&=\frac{A_1}{1+\bar{f}}(P/A,i_{CR}\%,N)^{2}\end{aligned} \tag{27.3}$$

تستخدم المعادلة (27.3) حقيقة أن:

$$(P/A,i_{CR}\%,N)=\sum_{k=1}^{N}(1+i_{CR})^{-k}=\sum_{k=1}^{N}(P/F,i_{CR}\%,k)$$

عندما تكون $i=\bar{f}$ وتكون $i_{CR}=0$، تختصر المعادلة (27.3) إلى:

[2] عندما تكون $\bar{f}$ أكبر من i، يكون i_{CR} سالباً، ويكون المجموع السابق صحيحاً فقط عندما يكون N محدد القيمة.

$$P = \frac{A_1}{1+\bar{f}}(P/A, 0\%, N) = \frac{NA_1}{1+\bar{f}} \quad (28.3)$$

يمكن للقارئ المهتم أن يدقق المعادلة (28.3) بتطبيق قاعدة أو بيتال L'Hôpital Rule على عامل (P/A, i_{CR} %, N) في المعادلة (27.3)، وحساب النهاية عندما $i_{CR} \to 0$.

إن قيم i_{CR} المستخدمة في سياق المعادلة (27.3) غير واردة نموذجياً في جداول الملحق C. لأن i_{CR} عادة معدل فائدة معبر عنه بعدد غير صحيح، لذا فإن اللجوء إلى تعريف عامل (P/A, i_{CR}%, N) (انظر الجدول 4.3)، وتعويض بعض الحدود فيه يعد طريقة مرضية للحصول على قيم عوامل الفائدة هذه.

يمكن تحديد مكافئ نهاية المدة السنوي المنتظم A لسلاسل تدرج هندسي، من المعادلة (3-27) [أو من المعادلة (3-28)] كالتالي:

$$A = P\ (A/P,\ i\%,\ N) \quad (29.3)$$

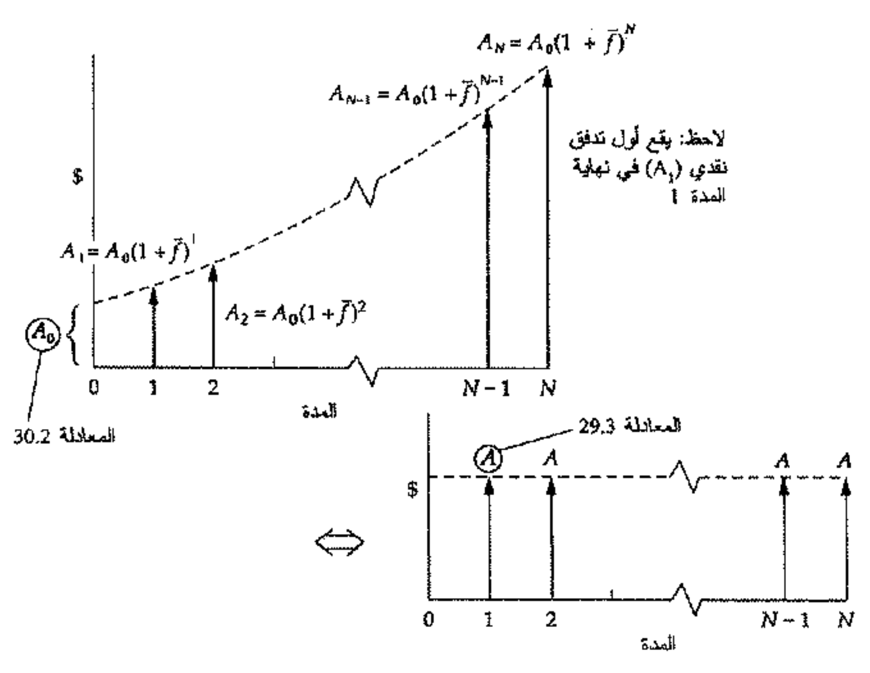
إن العام صفر الذي يشكل "أساس" هذا القسط السنوي الذي يزداد بمعدل ثابت مقداره $\bar{f}$% في كل مدة، هو A_0 ويساوي:

$$A_0 = P\ (A/P,\ i_{CR}\%,\ N) \quad (30.3)$$

يمكن رؤية الفرق بين A وA_0 في (الشكل 18.3). وأخيراً، فإن المكافئ المستقبلي لسلسلة التدرج الهندسي تلك هو ببساطة:

$$F = P\ (F/P,\ i\ \%,\ N) \quad (31.3)$$

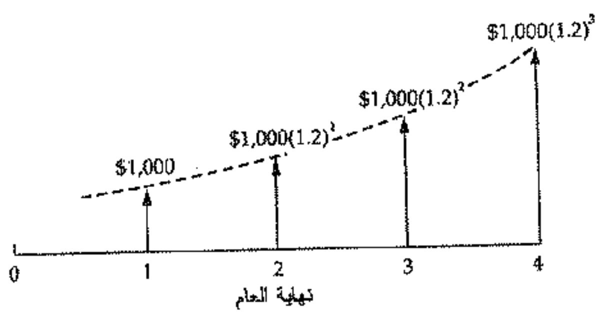
يجد القارئ دراسة إضافية لمتتاليات هندسية من التدفقات النقدية في الفصل 8 (الفقرة 3.8)، وهي تتناول مسألة تبدل الأسعار وسعر الصرف.



الشكل 18.3: تمثيل بيانـي للحدين A وA_0 في سلسلة تدرج هندسي، عندما يكون $\bar{f} > 0$.

المثال 3-17

درس سلسلة نهاية العام الهندسية للتدفق النقدي المبينة في (الشـــكل 19.3)، وحدد القيم المكافئة لكل من P وA وA_0 وF. يبلغ معدل الزيادة السنوي 20% بعد العام الأول، ويبلغ معدل الفائدة السنوي 25%.



الشكل 19.3: مخطط لتدفق النقدي للمثال 17.3.

الحل

$$P = \frac{\$1{,}000}{1.2}(P/A, \frac{25\% - 20\%}{1.20}, 4) = \$833.33(P/A, 4.167\%, 4)$$
$$= \$833.33\left[\frac{(1.04167)^4 - 1}{0.04167(1.04167)^4}\right]$$
$$= \$833.33(3.6157) = \$3{,}013.08;$$
$$A = \$3{,}013.08(A/P, 25\%, 4) = \$1{,}275{,}86;$$
$$A_0 = \$3{,}013.08(A/P, 4.167\%, 4)$$
$$= \$3{,}013.08\left[\frac{0.04167(1.04167)^4}{(1.04167)^4 - 1}\right] = \$833.34;$$
$$F = \$3{,}013.08(F/P, 25\%, 4) = \$7{,}356.15$$

المثال 3-18

على افتراض أن التدرج الهنـــدسي في المثال 3-17 يبدأ بمبلغ $1,000 في نهاية العام الأول، ويزداد بنسبة 20% كل عام بعد العام الأول. حدِّد كلاً من P وA وA_0 وF وفق هذا الشرط.

الحل

قيمة $\bar{f}$ في هذه الحالة ‎-20%، و $i_{CR} = [(1 + i) / (1 + \bar{f})] - 1 = (1.25/0.80) - 1 = 0.5625$ أو 56.25% في العام.

الكميات المطلوبة هي كالتالي:

$$P = \frac{\$1{,}000}{0.80}(P/A, 56.25\%, 4) = \$1{,}250(1.4795)$$
$$= \$1{,}849.38$$
$$A = \$1{,}849.38\ (A/P, 25\%, 4) = \$783.03;$$
$$A_0 = \$1{,}849.38(A/P, 56.25\%, 4) = \$1{,}250.00;$$
$$F = \$1{,}849.38\ (F/P, 25\%, 4) = \$4{,}515.08$$

15.3 معدلات الفائدة التـــي تتغير مع الوقت

عندما يمكن لمعدل الفائدة على قرض ما أن يتغير، مثلاً وفق تخفيض معدل الفائدة الصادر عن المجلس الاحتياطي الفدرالي، فمن الضروري أخذ هذا بالحسبان عند تحديد قيمة المكافئ المستقبلي للقرض. وقد أصبحت رؤية تصاعد معدل الفائدة على بعض أنواع القروض من الأمور العادية. يبين المثال 3-19 كيف تعالج هذه الحالة.

المثال 3-19

توصل شخص ما لاتفاق يقترض بـــموجبه $1,000 الآن، و$1,000 بعد عامين من هذا التاريخ. على أن يدفع المبلغ المقترض كاملاً في نهاية أربعة أعوام. فإذا كانت معدلات الفائدة المقدرة تبلغ في السنوات الأولى والثانية والثالثة والرابعة 10% و 12% و12% و14% على الترتيب، فكم يبلغ المبلغ الإجمالي الذي سيدفع في نهاية أربعة أعوام؟

الحل

يمكن حل هذه المسألة بتركيب المبلغ المستحق في بداية كل عام مع معدل الفائدة الذي ينطبق على كل عام على حدة، وإعادة هذه العملية على الأعوام الأربعة للحصول على القيمة الإجمالية للمكافئ المستقبلي:

$$F_1 = \$1,000\,(F/P,\,10\%\;1) = \$1,100$$

$$F_2 = \$1,100\,(F/P,\,12\%\;1) = \$1,232$$

$$F_3 = (\$1,232 + \$1,000)\,(F/P,\,12\%,\,1) = \$2,500$$

$$F_4 = \$2,500\,(F/P,\,14\%,\,1) = \$2,850$$

للحصول على المكافئ الحالي لسلسلة من التدفقات النقدية المستقبلية الخاضعة لتغير في معدلات الفائدة، يمكن استخدام إجراء مشابه للإجراء السابق مع تسلسل عوامل $(P/F,\,i_k\%,\,k)$. وبوجه عام، يمكن حساب قيمة المكافئ الحالي لتدفق نقدي يحدث في نهاية المدة N بالمعادلة (32.3)،حيث i_k معدل الفائدة للمدة k. (الرمز Π يعنـــي "حاصل ضرب"):

$$P = \frac{F_N}{\prod_{k=1}^{N}(1+i_k)} \qquad (32.3)$$

فمثلاً، إذا كان $F_4 = \$1,000$ و$i_1 = 10\%$ و$i_2 = 12\%$ و$i_3 = 13\%$ و$i_4 = 10\%$ فإن:

$$P = \$1,000[P/F,\,10\%,\,1)\,(P/F,\,12\%,\,1)\,(P/F,\,13\%,\,1)\,(P/F,\,10\%,1)]$$

$$= \$1,000\,[(0.9091)\,(0.8929)\,(0.8850)\,(0.9091)] = \$653$$

16.3 معدلات الفائدة الاسمية والفعلية

في أغلب الأحيان، تكون مدة الفائدة، أو الزمن الفاصل بين تركيب متتال، أقل من عام واحد. ولقد أصبح مألوفاً تحديد سعر معدلات الفائدة على أساس سنوي، متبوعاً بمدة التركيب إذا كانت تختلف من حيث الطول عن العام الواحد. فعلى سبيل المثال، إذا كان معدل الفائدة 6% لمدة الفائدة الواحدة وكانت فترة الفائدة ستة أشهر، فمن المألوف التحدث عن معدل الفائدة هذا على أنه "12% مركب نصف سنوياً". يعرف هنا معدل الفائدة السنوي *بالمعدل الاسمي*، ويبلغ في هذه الحالة 12%. يعبر عن معدل الفائدة الاسمي بحرف r. لكن معدل الفائدة السنوي الفعلي (الحقيقي) على رأس المال

ليس 12% وإنما أكثر من هذا، لأن تركيب الفائدة يحدث مرتين في العام.

ونتيجة لذلك، يمكن أن يكون لتواتر تركيب معدل الفائدة الاسمية كل عام أثر بالغ على مقدار الفائدة الإجمالية المكتسبة. انظر مثلاً إلى رأس مال مقداره $1,000 يستثمر لمدة ثلاثة أعوام بفائدة اسمية مقدارها 12% تركب مرتين في العام. تبلغ الفائدة المكتسبة في الأشهر الستة الأولى $\$60 = (0.12/2) \times \$1,000$.

ويكون إجمالي رأس المال والفائدة في بداية مدة الأشهر الستة الثانية:

$$P + Pi = \$1,000 + \$60 = \$1,060$$

والفائدة المكتسبة خلال الستة أشهر الثانية:

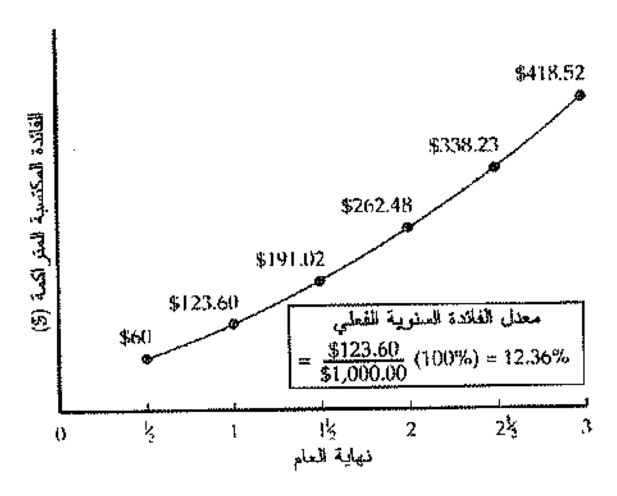
$$\$1,060 \times (0.12/2) = \$63.60$$

وتكون، الفائدة الإجمالية المكتسبة خلال العام:

$$\$60.00 + \$63.60 = \$123.60$$

وأخيراً، فإن معدل الفائدة السنوي الفعلي لمحمل العام هو:

$$\frac{\$123.60}{\$1,000} \times 100 = 12.36\%$$



الشكل 20.3: $1,000 تركب بتواتر نصف سنوي (r = 12%).

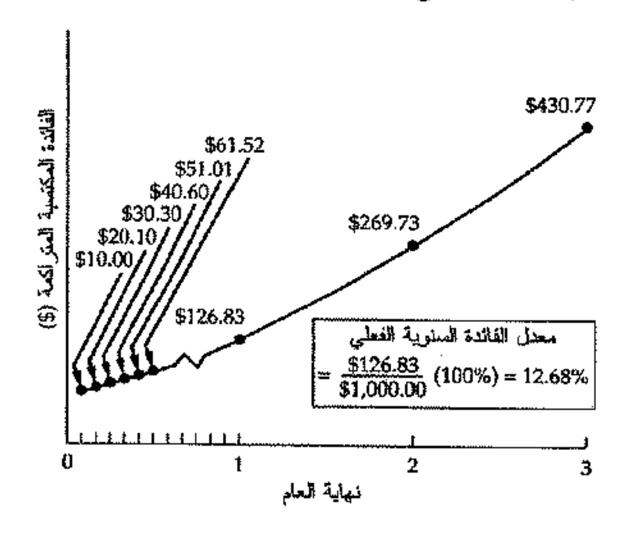
إذا كررت هذه العملية للعامين الثاني والثالث، يمكن رسم *مقدار الفائدة المتراكم* (أي المركب) كما في (الشكل 20.3). افترض أن مبلغ الألف دولار نفسه استثمر بمعدل فائدة 12% تركب *شهرياً*، أي 1% شهرياً. يبين (الشكل 21.3) الفائدة المتراكمة على مدى ثلاث سنوات والناتجة عن التركيب الشهري.

يعرف معدل الفائدة الحالي أو الدقيق المكتسب على رأس المال خلال عام واحد *بالمعدل الفعلي*. تجدر ملاحظة أن معدلات الفائدة الفعلية يعبر عنها دائماً على أساس سنوي، ما لم يذكر خلاف ذلك بوضوح. في هذا النص، يشار عادة إلى معدل الفائدة الفعلي بـ i في العام، ولمعدل الفائدة الاسمي بـ r في العام. في دراسات الاقتصاد الهندسي حيث التركيب سنوي، تكون $i = r$. العلاقة بين الفائدة الفعلية i والفائدة الاسمية r هي:

$$i = (1 + r/M)^M - 1$$

$$= (F/P, r/M, M) - 1 \qquad (33.3)$$

حيث M عدد المدد المركبة في العام الواحد. أصبح واضحاً الآن من المعادلة (3-33) لماذا $i > r$ عندما يكون $M > 1$.



الشكل 21.3: $1,000 مركبة بتواتر شهري (r = 12%).

إن معدل الفائدة الفعلي مفيد في وصف أثر تركيب الفائدة المكتسبة على الفائدة خلال عام واحد. يُظهر (الجدول 5.3) معدلات الفائدة المركبة لمعدلات فائدة اسمية ومدد تركيب مختلفة.

الجدول 5.3: معدلات الفائدة الفعلية لمعدلات فائدة اسمية ولتواترات تركيب مختلفة.

تواتر التركيب	عدد مدد التركيب في العام، M	المعدل الفعلي (%) لمعدل اسمي مقداره					
		6%	8%	10%	12%	15%	24%
سنوياً	1	6.00	8.00	10.00	12.00	15.00	24.00
نصف سنوي	2	6.09	8.16	10.25	12.36	15.56	25.44
فصلي	4	6.14	8.24	10.38	12.55	15.87	26.25
كل شهرين	6	6.15	8.27	10.43	12.62	15.97	26.53
شهرياً	12	6.17	8.30	10.47	12.68	16.08	26.82
يومياً	365	6.18	8.33	10.52	12.75	16.18	27.11

من المثير للاهتمام أن الواقع الفدرالي في قانون الإقراض يتطلب ذكراً للنسبة المئوية لمعدل الفائدة السنوية (APR) المطلوبة أو المفروضة في عقود اقتراض الأموال. APR هو عبارة عن معدل فائدة اسمي ولا *يأخذ* بالحسبان التركيب الذي قد يحدث، أو الذي قد يكون مناسباً، خلال عام. قبل أن يقر الكونجرس هذا التشريع عام 1969، لم يكن الدائنون ملزمين بتفسير كيفية تحديد الفائدة المفروضة على القروض، ولا التكلفة الحقيقية للمال على القرض. وهذا ما جعل المقترضين عموماً غير قادرين على حساب معدل الفائدة السنوية APR المطلوبة منهم، ومن ثم غير قادرين على مقارنة الخطط المالية المختلفة.

المثال 3-20

تفرض إحدى شركات بطاقات الائتمان معدل فائدة مقداره 1.375% شهرياً على الرصيد غير المدفوع لجميع الحسابات. معدل الفائدة السنوية الذي يدّعونه هو: 12(1.375%) = 16.5%. ما هي الفائدة السنوية الفعلية التـــي تفرضها الشركة؟

الحل

تستند جداول الفائدة في الملحق C على مدد زمنية قد تكون سنوية، أو فصلية، أو شهرية، إلى آخره. وبما أنه ليس لدينا جداول لـــ 1.375% (أو جداول لـــ 16.5%)، فإنه لا بد من استخدام المعادلة (33.3) لحساب معدل الفائدة الفعلي في هذا المثال:

$$i = \left(1 + \frac{0.165}{12}\right)^{12} - 1$$

$$= 0.1781 \text{ أو } 17.81\%$$

لاحظ أن: $r = 12(1.375\%) = 16.5\%$، وهو مقدار APR. والواقع أن: $r = M(r/M)$ كما يظهر في المثال 3-20، حيث r/M هو معدل الفائدة للمدة الواحدة.

17.3 مسائل الفائدة ذات تركيب أكثر من مرة واحدة في العام

1.17.3 المبلغ الواحد

إذا أعطي مقدار معدل الفائدة الاسمية وعلم عدد مدد التركيب في العام الواحد وكذلك عدد الأعوام، فيمكن حساب أية مسألة متعلقة بقيم المكافئ المستقبلي أو السنوي أو الحالي مباشرة باستخدام المعادلتين (3.3) و(33.3) على التوالي.

المثال 3-21

افترض أن مبلغاً إجمالياً مقداره 100$ استثمر مدة عشرة أعوام بمعدل فائدة اسمية مقدارها 6% تركب فصلياً (أي أربع مرات في العام). كم تبلغ قيمته في نهاية العام العاشر؟

الحل

هناك عشر مدد تركيب في العام، أو مجموع مدد فائدة مقداره: $4 \times 10 = 40$. معدل الفائدة لكل مدة فائدة هو: $6\% / 4 = 1.5\%$. عندما تستخدم هذه القيم في المعادلة (3-3)، نجد أن:

$$F = P\,(F/P, 1.5\%, 40) = \$100.00\,(1.015)^{40} = \$100.00(1.814) = \$181.40$$

ومن جهة أخرى، يبلغ معدل الفائدة الفعلية من المعادلة (3-33) 6.14%. لذا فإن: $F = P(F/P, 6.14\%, 10) = \$100.00\,(1.0614)^{10} = \$181.40$

2.17.2 السلاسل المنتظمة والسلاسل المتدرجة

عندما يكون هناك سنوياً أكثر من مدة تركيب واحدة للفائدة، يمكن استخدام الصيغ والجداول من أجل السلاسل المنتظمة والسلاسل المتدرجة ما دام أن هناك تدفقاً نقدياً في نهاية كل مدة فائدة، كما هو مبين في (الشكلين 6.3 و14.3) في حالة سلسلة سنوية منتظمة وسلسلة سنوية متدرجة، على الترتيب.

المثال 3-22

افترض أن أحد الأشخاص حصل على قرض مصرفي يبلغ 10,000$ عليه أن يسددها بأقساط متساوية تدفع في *نهاية الشهر* لمدة خمسة أعوام وبفائدة اسمية مقدارها 12% تركب شهرياً. ما مقدار كل دفعة؟

الحل

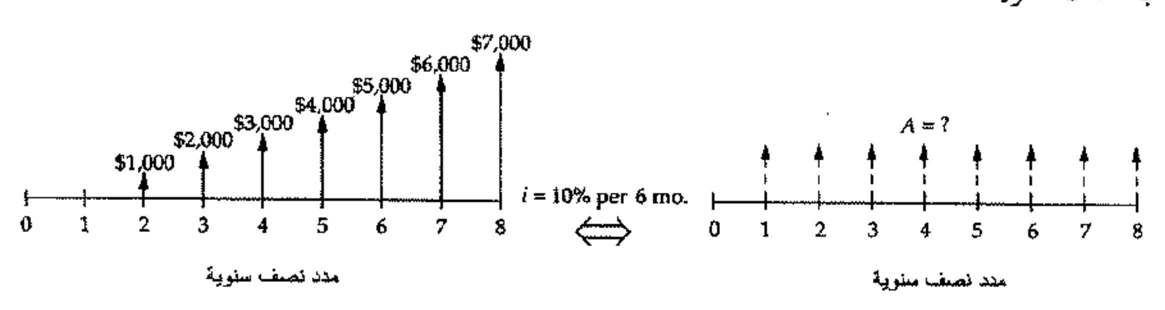
عدد الأقساط: $60 = 12 \times 5$، ومعدل الفائدة شهرياً: $12\% / 12 = 1\%$، عندما تستخدم هذه القيم في المعادلة (13.3)، نجد أن:

$$A = P\,(A / P, 1\%, 60) = \$10,000(0.0222) = \$222$$

لاحظ وجود تدفق نقدي في نهاية كل شهر (مدة الفائدة)، ومن ضمن ذلك الشهر 60 في هذا المثال.

المثال 3-23

يتوقع أن تكون بعض مدخرات التشـــغيل 0 في نهاية الأشهر الستة الأولى، وأن تصبح $1,000 في نهاية الأشهر الستة الثانية، وأن تزداد بمقدار $1,000 في نهاية كل مدة مؤلفة من ستة أشهر ولمدة إجمالية مقدارها أربعة أعوام. المطلوب إيجاد المبلغ المنتظم المكافئ، A، في نهاية كل مدة من المدد الثمانـــي المؤلفة من ستة أشهر، إذا كان معدل الفائدة الاسمي 20% ويركب نصف سنوياً.



الشكل 22.3 تدرج حسابـي بتركيب يحدث بتواتر أعلى من مرة واحدة في العام في المثال 3-23.

الحل

يبين (الشكل 22.3) مخطط التدفق النقدي، والحل هو:

$$A = G(A / G, 10\%, 8) = \$1,000(3.0045) = \$3,004.50$$

يشير الرمز ⇔ في (الشكل 22.3) إلى أن مخطط التدفق النقدي الأيســر *مكافئ* لمخطط التدفق النقدي الأيمن عندمـــا تكون القيمة الصحيحة لـــ A قد حددت. في المثال 3-23، يبلغ معدل الفائدة لمدة الســتة أشهر 10%، ويحدث تدفـــق نقدي كل ستة أشهر.

18.3 مسائل الفائدة بتدفق نقدي يحدث لمرات أقل من مدد التركيب

بوجه عام، إذا كانت i معدل الفائدة الفعلي في مدة الفائدة وكان هناك تدفق نقدي منتظم، X، في *نهاية* كل مدة فائدة K ($K > 1$)، فإن المبلغ المكافئ A في نهاية كل مدة فائدة هو:

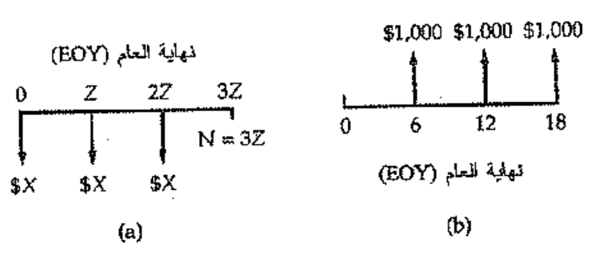
$$A = X\,(A / F, i\%, K) \qquad (34.3)$$

وضمن هذا السياق من التفكير، إذا كانت i معدل الفائدة الفعلي في مدة الفائدة وكان هناك تدفق نقدي منتظم X في *بداية* كل مدة فائدة K، فإن المبلغ المكافئ عند نهاية كل مدة فائدة هو:

$$A = X\,(A /P, i\%, K) \qquad (35.3)$$

المثال 3-24

في مخطط التدفق النقدي (آ)، اكتب معادلة لتحويل المبالغ الثلاثة $X $ إلى قيمتها المكافئة السنوية على مدى N سنة، ($N = 3Z$) عندما يكون معدل الفائدة السنوي $i\%$. وفيما يتعلق بمخطط التدفق النقدي (ب)، حدد المبلغ المكافئ السنوي على مدى 18 عاماً، حين تكون $i = 10\%$ في السنة.



الحل

(آ) باستخدام المعادلة (35.3)، نرى أن قيمة A الموافقة لدفعات $\$X$ الثلاث هي:

$$A = \$X\,(A / P, i\%, Z)$$

(ب) تمكننا المعادلة (34.3) من حساب قيمة A، التي تمتد من نهاية العام 1 حتى نهاية العام 18.

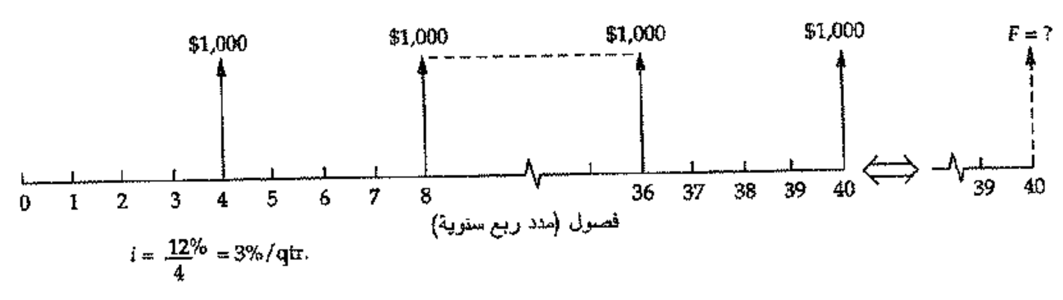
$$A = \$1{,}000\,(A / F, 10\%, 6) = \$129.60$$

المثال 3-25

افترض وجود سلسلة من دفعات نهاية العام تبلغ قيمة كل منها $1,000$، وأن المطلوب حساب قيمتها المكافئة ابتداء من نهاية العام العاشر، إذا كان معدل الفائدة الاسمي 12% وكان يركب فصلياً (كل ثلاثة أشهر). يبين (الشكل 23.3) التدفقات النقدية.

الحل

الفائدة هي $12\% / 4 = 3\%$ لكل فصل (ثلاثة أشهر)، لكن التدفقات النقدية ذات التسلسل المنتظم لا تحدث في نهاية كل فصل (ثلاثة أشهر). يمكن في مثل تلك الحالات القيام ببعض إجراءات التكيف لملاءمة صيغ الفائدة مع الجداول المعطاة. لحل هذا النوع من المسائل (1) احسب تدفقاً نقدياً مكافئاً للفواصل الزمنية التي توافق تواتر التركيب المحدد، أو (2) عيّن معدل فائدة فعلي للمدة التي تفصل التدفقات النقدية.

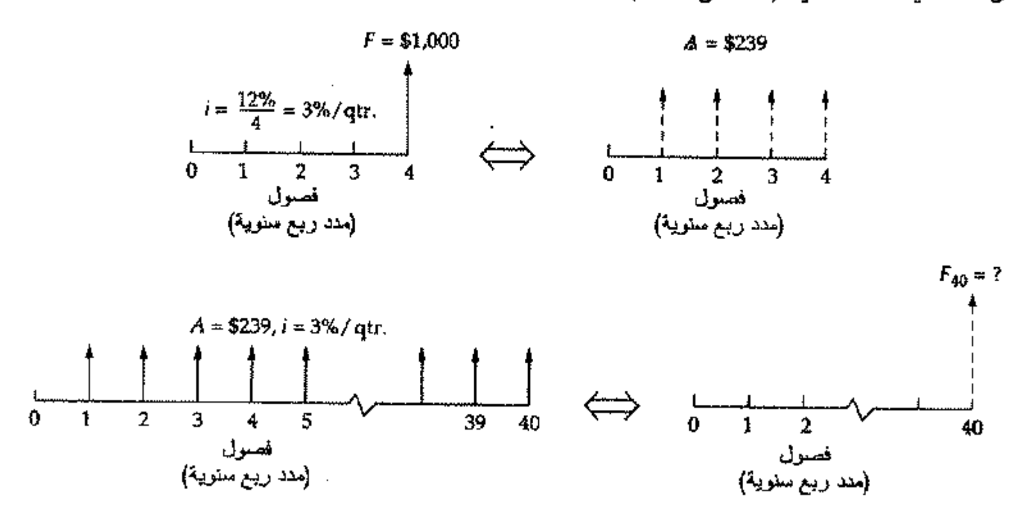


الشكل 23.3 سلسلة منتظمة حيث عدد التدفقات النقدية أقل من عدد فترات التركيب في المثال 25.3.

يقضي إجراء التكيف *الأول* بأخذ عدد مدد التركيب التـــي يقع عبرها التدفق النقدي وتحويل التدفق النقدي إلى تسلسل نهاية المدة المكافئ المنتظم. يُظهر مخططا التدفق النقدي في (الشكل 24.3) هذه الطريقة مطبقة على العام الأول (أربع مدد فائدة) في مثال (الشكل 23.3). يمكن حساب مبلغ نهاية الفصل المنتظم والمكافئ لـــ $1,000 في نهاية العام بفائدة مقدارها 3% في الفصل، باستخدام المعادلة (34.3):

$$A = F\,(A\,/\,F, 3\%, 4) = \$1{,}000(0.2390) = \ \$239$$

وهكذا فإن $239 عند نهاية كل فصل (ربع عام) تكافئ $1,000 في نهاية كل عام. وهذا صحيح ليس فقط للعام الأول، وإنما أيضاً لكل عام من الأعوام العشرة المدروسة. لذا يمكن تحويل السلسلة الأصلية من تدفقات نهاية العام النقدية العشرة والبالغ كل منها $1,000، إلى مسألة تنطوي على 40 مبلغ نهاية فصل ربع عام مقدار كل منها $239، كما تبين مخططات التدفق النقدي السفلية في (الشكل 24.3).



الشكل 24.3: التكيف الأول لحل المثال 3-25.

يمكن عندئذ حساب المكافئ المستقبلي في نهاية العام العاشر (الفصل الأربعون) كالتالي:

$$F_{40} = A\,(F\,/\,A, 3\%, 40) = \$239(75.4012) = \$18{,}021$$

يقضي الإجراء *الثانـــي* المتبع للتعامل مع التدفقات النقدية التـــي تحدث لعدد أقل من المرات من مدد التركيب بإيجاد معدل الفائدة الدقيق لكل مدة *تفصل* التدفقات النقدية، ومن ثم تطبيق صيغ الفائدة وجداولها بالنسبة لمعدل الفائدة الدقيق تطبيقاً مباشراً. وفيما يتعلق بالمثال 3-25، تبلغ الفائدة 3% في الفصل، وتقع الدفعات كل عام. أي إن معدل الفائدة الذي يجب إيجاده هو تماماً المعدل السنوي الدقيق، أو *المعدل الفعلي* في السنة. يمكن إيجاد المعدل الفعلي السنوي الموافق لـــ 3% كل فصل (ربع عام) (12% اسمي) من المعادلة (33.3):

$$\left(1+\frac{0.12}{4}\right)^4 - 1 = (F/P, 3\%, 4) - 1 = 0.1255$$

وبذلك يمكن الآن التعبير عن المسألة الأصلية في (الشكل 23.3) كما هو مبين في (الشكل 25.3). ويمكن إيجاد المكافئ المستقبلي لهذه السلسلة كالآتـــي:

$$F_{10} = A\,(F\,/\,A, 12.55\%, 10) = \$1{,}000(F\,/\,A, 12.55\%, 10) = \$18{,}022$$

ولأنه ليس من الـــمألوف جدولة عوامل الفائدة من أجل $i = 12.55\%$، فإنه لا بد من حساب عامل $(F/A, 12.55\%,$ $10)$ بتعويض $i = 0.1255$ و$N = 10$ في مكافئتها الجبري $[(1+i)^N - 1] / i$. (انظر الجدول 4.3).

لعل الإجراء الثانـــي الذي أوردناه آنفاً هو أكثر شيوعاً للتعامل مع المسائل التـــي يحدث فيها تدفقات نقدية في كل مدة تركيب K، حيث $(K > 1)$. ونجد باستخدام الإجراء الثانـــي هذا أن السؤال الأساسي يصبح كالتالي: "كيف نجد معدل فائدة فعلي للفاصل الزمنـــي الثابت (K مدة تركيب) الذي يفصل بين التدفقات النقدية؟" نصوغ الآن هذا الإجراء باستخدام نموذج أكثر شمولية للمعادلة (33.3) لتحديد معدل فائدة فعلي لـــ K مدة تركيب:

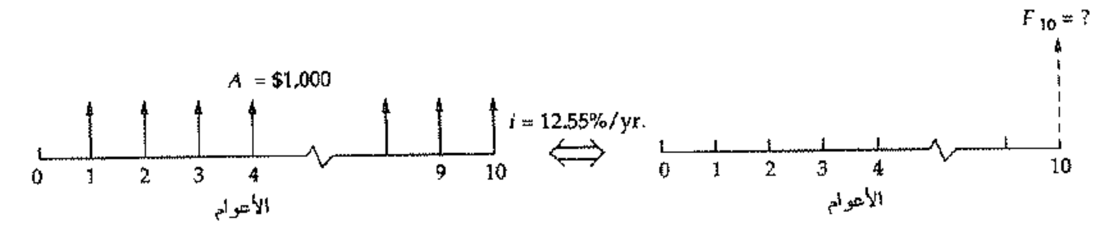
$$i = (1 + r/M)^K - 1 \qquad (36.3)$$

هنا: K = عدد مدد التركيب في فاصل زمنـــي ثابت بين التدفقات النقدية؛

r = معدل الفائدة الاسمي في السنة؛

M = عدد مدد التركيب في السنة.

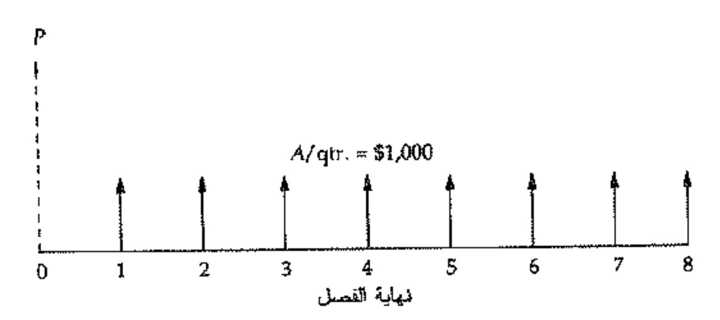
i = معدل المدة في K مدة تركيب



الشكل 25.3: التكيف الثانـــي لحل المثال 3-25.

المثال 3-26

حدِّد المكافئ الحالي، P، لمخطط التدفق النقدي التالي:



معدل الفائدة الاسمي 15% *مركبة شهرياً*. تحدث التدفقات النقدية كل ثلاثة أشهر (مرة كل فصل).

الحل

باستخدام المعادلة (36.3)، نـــحدد معدل الفائدة الفعلي في الفصل (كل ثلاثـــة أشهر): $i/\text{qtr.} = (1 + \frac{0.15}{12})^3 - 1 =$ $(1.125)^3 - 1 = 0.038$ أو: 3.8%. ومن ثـــم فإن: $P = \$1,000 \times (P/A, 3{,}8\%, 8) = \$6,788.70$. لاحظ أن الإجراء الثانـــي يمكن أن يستخدم أيضاً بسهولة مع التدفقات النقدية غير المنتظمة.

19.3 صيغ الفائدة للتركيب المستمر والتدفق النقدي المتقطع

في معظم المعاملات التجارية والدراسات الاقتصادية، تركب الفائدة في نهاية مدد متقطعة، وكما أوضحنا سابقاً، يفترض حدوث التدفقات النقدية بكميات متقطعة في نهاية تلك المدد. *سنستخدم هذا العرف في الفصول المتبقية من هذا الكتاب*. بيد أنه من البديهي في معظم الشركات أن الأموال تتدفق نحو الداخل ونحو الخارج بتيار شبه متواصل. ولما كان المال، متـــى توفر، يمكن استخدامه عادةً بوجه مربح، فإن هذا الوضع يخلق فرصاً لتركيب الفائدة المكتسبة تركيباً متكرراً للغاية. وكي يمكن التعامل مع هذا الظرف (أي نمذجته) لدى توفر معدلات الفائدة المركبة باستمرار، تستخدم أحياناً في الدراسات الاقتصادية مفاهيم التركيب المستمر والتدفق النقدي المستمر. والواقع أن نتائج هذه الإجراءات قليلة في معظم الحالات، مقارنة بنتائج التركيب المتقطع.

يفترض التركيب المستمر حدوث التدفقات النقدية عند فواصل متقطعة (مثلاً مرة واحدة في العام)، لكن التركيب يكون مستمراً خلال الفاصل الزمنـــي. فمثلاً، في حالة r معدل فائدة اسمي سنوي، إذا كانت الفائدة تركب لعدد مرات M في العام، فستبلغ قيمة وحدة واحدة من رأس المال $[1 + (r/M)]^M$ في نهاية عام واحد. فإذا كان $M/r = p$، فإننا نجد أن التعبير السابق يصبح:

$$\left[1+\frac{1}{p}\right]^{rp} = \left[\left(1+\frac{1}{p}\right)^{p}\right]^{r} \qquad (37.3)$$

لأن:

$$\lim_{p\to\infty}\left(1+\frac{1}{p}\right)^{p} = e^{1} = 2.71828...$$

يمكن كتابة المعادلة (37.3) e^r. ونتيجة لذلك، فإن عامل المبلغ المركب الذي يركب باستمرار (التدفق النقدي الواحد) بمعدل فائدة اسمية$\underline{r}\%$ لعدد N من السنين هو e^{rN}.باستخدام رمزنا الوظيفي، نعبِّر عن هذا كما يلي:

$$(F/P,\ \underline{r}\%, N) = e^{rN} \qquad (38.3)$$

لاحظ أنه يمكن مقارنة الرمز $\underline{r}$ مباشرة بذاك المستخدم للتركيب المتقطع والتدفقات النقدية المتقطعة ($i\%$)، باستثناء أن $\underline{r}\%$ يستخدم للدلالة على المعدل الاسمي وعلى استخدام التركيب المستمر.

ولما كان e^{rN} للتركيب المستمر تقابل $(1 + i)^N$ للتركيب المتقطع، فإن e^r تساوي $(1 + i)$. وبذلك، يمكننا أن نخلص إلى الاستنتاج الصحيح التالي:

$$i = e^{r} - 1 \qquad (39.3)$$

باستخدام هذه العلاقة، يمكن الحصول على القيم الموافقة لـــ (P/F) و(F/A) و(P/A) للتركيب المستمر من المعادلات (4.3) و(6.3) و(8.3) على التوالي، وذلك باستبدال i في تلك المعادلات ووضع $e^r - 1$. وهكذا، يكون لدينا في حالة تركيب مستمر وتدفقات نقدية متقطعة:

$$(P/F, \underline{r}\%, N) = \frac{1}{e^{rN}} = e^{-rN} \qquad (40.3)$$

$$(F/A, \underline{r}\%, N) = \frac{e^{rN}-1}{e^{r}-1} \quad (41.3)$$

$$(P/F, \underline{r}\%, N) = \frac{1+e^{-rN}}{e^{r}+1} = \frac{e^{-rN}-a}{e^{rN}(e^{r}-1)} \quad (42.3)$$

يمكن استخراج قيم $(A/P, \underline{r}\%, N)$ و$(A/F, \underline{r}\%, N)$ من علاقاتهما العكسية بـ: $(P/A, \underline{r}\%, N)$ و$(F/A, \underline{r}\%, N)$ على الترتيب. يلخص (الجدول 6.3) عدداً من عوامل فائدة التركيب المستمر، والتدفقات النقدية المتقطعة واستخداماتها.

الجدول 6.3: التركيب المستمر والتدفقات النقدية المتقطعة: عوامل فائدة ورموزها[a]

المطلوب إيجاد	المعلوم	العامل الذي نضرب به "المعلوم"	اسم العامل	الرمز الوظيفي للعامل
لتدفقات نقدية وحيدة				
F	P	e^{rN}	المقدار المركب للتركيب المستمر (تدفق نقدي وحيد)	$(F/P, \underline{r}\%, N)$
P	F	e^{-rN}	المكافئ الحالي للتركيب المستمر (تدفق نقدي وحيد)	$(P/F, \underline{r}\%, N)$
لسلسلة منتظمة (أقساط سنوية)				
F	A	$\frac{e^{rN}-1}{e^{r}-1}$	المقدار المركب للتركيب المستمر (سلسلة منتظمة)	$(F/A, \underline{r}\%, N)$
P	A	$\frac{e^{rN}-1}{e^{rN}(e^{r}-1)}$	المكافئ الحالي للتركيب المستمر (سلسلة منتظمة)	$(P/A, \underline{r}\%, N)$
A	F	$\frac{e^{r}-1}{e^{rN}-1}$	مال تسديد التركيب المستمر	$(A/F, \underline{r}\%, N)$
A	P	$\frac{e^{rN}(e^{r}-1)}{e^{rN}-1}$	استرجاع رأس المال التركيب المستمر	$(A/P, \underline{r}\%, N)$

[a] $\underline{r}$ معدل الفائدة السنوية الاسمية، مركب باستمرار؛ N عدد المدد (أعوام)؛ A مقدار المكافئ السنوي (يحدث في نهاية كل عام)؛ F المكافئ المستقبلي؛ P المكافئ الحالي.

ولما كان من النادر استخدام التركيب المستمر في هذا النص، فالقيم التفصيلية لـ: $(A/F, \underline{r}\%, N)$ و$(A/P, \underline{r}\%, N)$ لم ترد في الملحق D. إلا أن الجداول في الملحق D تعطي قيم $(F/P, \underline{r}\%, N)$ و$(P/F, \underline{r}\%, N)$ و$(F/A, \underline{r}\%, N)$ و $(P/A, \underline{r}\%, N)$ لعدد محدود من معدلات الفائدة.

لاحظ أن جداول عوامل الفائدة والأقساط السنوية للتركيب المستمر مجدولة بدلالة للمعدلات الاسمية السنوية للفائدة.

المثال 3-27

افترض أن لأحدهم قرضاً حالياً بقيمة $1,000 ويرغب في معرفة مقدار دفعات نهاية العام المنتظمة المكافئة A التي يمكنه الحصول عليها من هذا القرض لمدة 10 سنوات إذا كان معدل الفائدة الاسمي 20% يركب باستمرار ($M=\infty$).

الحل

نستخدم هنا الصيغة:

$$A = P\,(A\,/\,P, \underline{r}\%, N)$$

ولما كانت قيم العامل (A/P) غير مجدولة في حالة التركيب المستمر، فإننا نعوض بها مقلوبها (P/A) الوارد في الملحق D، لذا:

$$A = P \times \frac{1}{(P/A, \underline{20}\%, 10)} = \$1{,}000 \times \frac{1}{3.9054} = \$256$$

لاحظ أن جواب نفس المسألة في حالة تركيب سنوي متقطع $(M = 1)$، هو:

$$A = P(A/P, 20\%, 10) = \$1{,}000(0.2385) = \$239$$

المثال 3-28

يحتاج أحد الأشخاص فوراً لمبلغ $12,000 كي يدفعها سلفة لشراء منـــزل جديد. افترض أن باستطاعته استدانة هذا المبلغ من شركة التأمين التـــي يتعامل معها. سيكون عليه آنذاك سداد القرض بدفعات متساوية كل ستة أشهر وعلى مدى الأعوام الثمانية القادمة. فإذا كان معدل الفائدة الاسمي يبلغ 7% يركب باستمرار، فما مقدار كل دفعة؟

الحل

يبلغ معدل الفائدة الاسمي كل ستة أشهر 3.5%. لذا فكل ستة أشهر تكون A: $\$12{,}000(A\,/\,P, \underline{r} = 3.5\%, 16)$.
بتعويض الحدود في المعادلة (42.3) ثم باستخدام مقلوبها، نجد أن قيمة A كل ستة أشهر تساوي $997:

$$A = \$12{,}000\left[\frac{1}{(P/A, \underline{r} = 3.5\%, 19)}\right] = \frac{\$12{,}000}{12.038} = \$997$$

20.3 صيغ الفائدة للتركيب المستمر والتدفق النقدي المستمر

إن التدفق المستمر للأموال يعنـــي سلسلة من التدفقات النقدية التـــي تحدث بفواصل زمنية متناهية في القصر. يمكن أن ينطبق هذا النموذج على الشركات التـــي لديها عائدات ونفقات تحدث بصيغة متكررة في كل يوم عمل. في مثل هذه الحالة، تركب الفائدة عادة بصورة مستمرة. فإذا كان معدل الفائدة السنوي الاسمي r وكان هناك عدد p من الدفعات في السنة، يعادل مجملها وحدة واحدة في السنة، فإنه باستخدام المعادلة (8.3)، يصبح المكافئ الحالي في بداية العام (ولعام واحد) كالتالي:

$$P = \frac{1}{p}\left\{\frac{[1+(r/p)]^p - 1}{r/p[1+(r/p)]^p}\right\} = \frac{[1+(r/p)]^p - 1}{r[1+(r/p)]^p} \qquad (43.3)$$

إن نهاية الحد $[1+(r/p)]^p$، تساوي e^r عندما تقترب p من اللانهاية. وإذا أسمينا المكافئ الحالي لوحدة واحدة في السنة، والذي يتدفق باستمرار وبتركيب مستمر للفائدة، *عامل المكافئ الحالي للتركيب المستمر* *continuous compounding present equivalent factor* (*تدفق نقدي مستمر ومنتظم في مدة واحدة*)، فإننا نجد أن:

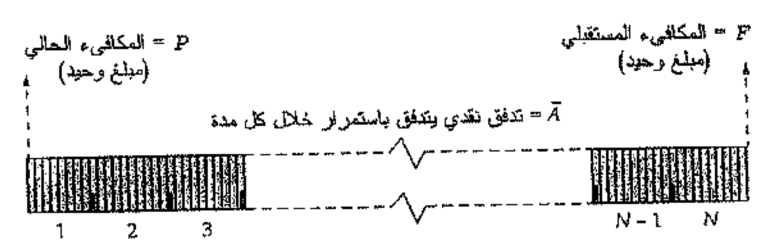
$$(P/\overline{A}, \underline{r}\%, 1) = \frac{e^r - 1}{r\,e^r} \qquad (44.3)$$

حيث $\overline{A}$ هو المبلغ المتدفق بأسلوب منتظم ومستمر على مدى عام واحد (هنا $1).

في حالة تدفق $\overline{A}$ كل عام وعلى مدى عدد N من الأعوام، وكما هو مبين في (الشكل 26.3):

$$(P/\overline{A}, \underline{r}\%, N) = \frac{e^{rN} - 1}{r\, e^{rN}} \quad (45.3)$$

وهو *عامل المكافئ الحالي للتركيب المستمر (تدفقات نقدية مستمرة ومنتظمة)*.



الشكل 26.3: مخطط التدفق النقدي العام للتركيب المستمر والتدفق النقدي المستمر.

يمكن أيضاً كتابة المعادلة (44.3) كالتالي:

$$(P/\overline{A}, \underline{r}\%, 1) = e^{-r}\left[\frac{e^{r} - 1}{r}\right] = (P/F, \underline{r}\%, 1)\left[\frac{e^{r} - 1}{r}\right]$$

ولأن المكافئ الحالي لـــ \$1 في السنة يتدفق باستمرار وبتركيب مستمر للفائدة، هو: $(P / F, \underline{r}\%, 1)\,(e^{r} - 1)\,/r$، فإنه ينتج عن ذلك أن على $(e^{r} - 1)\,/r$ أيضاً أن تكون المبلغ المركب \$1 في العام، متدفقاً باستمرار مع تركيب مستمر للفائدة. وبالتالي، يكون *عامل المقدار المركب للتركيب المستمر* *continuous compounding compound amount factor* *(تدفق نقدي مستمر ومنتظم على مدى عام واحد)*:

$$(F/\overline{A}, \underline{r}\%, 1) = \frac{e^{r} - 1}{r} \quad (46.3)$$

ولعدد N من السنين:

$$(F/\overline{A}, \underline{r}\%, N) = \frac{e^{rN} - 1}{r} \quad (47.3)$$

يمكن الحصول على المعادلة (47.3) أيضا بالتكامل على الشكل التالي:

$$F = \overline{A}\int_0^N e^{rt}\,dt = \overline{A}\left(\frac{1}{r}\right)\int_0^N e^{rt}\,dt$$

أو:

$$F = \frac{\overline{A}}{r}(e^{rt})\Big|_0^N = \overline{A}\left[\frac{e^{rt}-1}{r}\right]$$

هذا هو *عامل المقدار المركب للتركيب المستمر (تدفقات نقدية مستمرة ومنتظمة لعدد N من السنين)*.

تعطى قيم $(P/\overline{A}, \underline{r}\%, N)$ و $(F/\overline{A}, \underline{r}\%, N)$ في جداول الملحق D من أجل معدلات فائدة متنوعة. ويمكن الحصول

بسهولة على قيم لـــ $(\bar{A}/P,\underline{r}\%,\underline{N})$ و $(\bar{A}/F,\underline{r}\%,N)$ من خلال علاقتها العكسية بـــ $(P/\bar{A},\underline{r}\%,N)$ و $(f/\bar{A},\underline{r}\%,N)$ على الترتيب. في (الجدول 7.3) ملخص عن هذه العوامل واستعمالاتها.

المثال 3-29

ماذا سيكون مقدار الـــمكافئ المستقبلي في نهاية خمسة أعوام من تدفق نقدي منتظم ومستمر، بمعدل $500 في السنة ولمدة خمسة أعوام، وبفائدة تركب باستمرار بمعدل اسمي سنوي مقداره 8%؟

الحل

لدينا:

$$F = \bar{A}\,(F/\bar{A}, \underline{8}\,\%, 5) = \$500 \times 6.1478 = \$3{,}074$$

لاحظ أنه لو كان هذا التدفق النقدي هو مبالغ نهاية – العام تبلغ $500 وبتركيب سنوي متقطع مقداره $i = 8\%$، لكان مقدار المكافئ المستقبلي:

$$F = A\,(F/A, 8\%, 5) = \$500 \times 5.8666 = \$2{,}933$$

الجدول 7.3: التركيب المستمر والتدفقات النقدية المستمرة: عوامل فائدة ورموزها[a].

المطلوب	المعلوم	العامل الذي يجب الضرب به "معلوم"[a]	اسم العامل	الرمز الوظيفي للعامل
F	$\bar{A}$	$\dfrac{e^{rN}-1}{r}$	المقدار المركب للتركيب المستمر (تدفقات نقدية منتظمة ومستمرة)	$(F/\bar{A}, \underline{r}\%, N)$
P	$\bar{A}$	$\dfrac{e^{rN}-1}{re^{rN}}$	المكافئ الحالي للتركيب المستمر (تدفقات نقدية منتظمة ومستمرة)	$(P/\bar{A}, \underline{r}\%, N)$
$\bar{A}$	F	$\dfrac{r}{e^{rN}-1}$	مال تسديد التركيب المستمر (تدفقات نقدية منتظمة ومستمرة)	$(\bar{A}/F, \underline{r}\%, N)$
$\bar{A}$	P	$\dfrac{re^{rN}}{e^{rN}-1}$	استرداد رأس المال التركيب المستمر (تدفقات نقدية منتظمة ومستمرة)	$(\bar{A}/P, \underline{r}\%, N)$

[a] $\underline{r}$، هو معدل الفائدة الاسمي السنوي وهو مركب مستمر؛ N عدد المدد (أعوام)؛ $\bar{A}$ هو مقدار المال المتدفق بطريقة مستمرة ومنتظمة خلال كل مدة؛ F هو المكافئ المستقبلي؛ وP المكافئ الحالي.

لو حدثت دفعات نهاية العام بفائدة اسمية مقدارها 8% مركبة باستمرار، فإن المكافئ المستقبلي يمكن أن يكون آنذاك:

$$F = A\,(F/A, \underline{8}\%, 5) = \$500 \times 5.9052 = \$2{,}953$$

من الواضح أنه بدلالة مقدار معلوم A وتركيب مستمر لمعدل فائدة اسمي معلوم، فإن تدفق الأموال المستمر ينتج المبلغ المكافئ المستقبلي ذا الثمن الأعلى.

المثال 3-30

ما هو المكافئ المستقبلي لـــ $10,000 في السنة تتدفق باستمرار لمدة 8.5 عام، إذا كانت الفائدة الاسمية 10% تركب باستمرار؟

الحل

خلال ثمانـــي سنوات ونصف السنة، هناك 17 مدةً كلٌّ منها ستة أشهر، و r_2 تبلغ 5% لكل ستة أشهر. كما أن $\bar{A}$ خلال كل ستة أشهر هي 5,000 $ وهكذا فإن: $F = \$5,000\ (F / \bar{A}, 5\%, 17) = \$133,964.50$. تستخدم هذه الصيغة لتمكننا من إيجاد عامل فائدة له قيمة صحيحة لـــ N. كان بالإمكان العثور على الجواب نفسه باللجوء إلى تعريف العامل: $(F / \bar{A}, \underline{r}\%, N)$ المعطى في (الجدول 7.3)، مع $N = 8.5$ أعوام.

$$F = \$10,000\left[\frac{e^{0.10(8.5)} - 1}{0.10}\right]$$

$$= \$133,964.50$$

21.3 مسائل محلولة إضافية

تحتوي هذه الفقرة على عدة مسائل محلولة توضح مفاهيم التكافؤ الاقتصادي الواردة في الفصل الثالث.

المسألة 1

أخذاً بالحسبان المعلومات التالية والجدول التالي، حدد قيمة كل "؟":

رأس المال المقرض = $10,000

معدل الفائدة = 8% في السنة

مدة القرض = 3 أعوام

نهاية العام k	الفائدة المدفوعة	سداد رأس المال
1	$800	؟
2	$553.60	$3,326.40
3	؟	؟

الحل

تنطوي مدخلات الجدول على مخطط دفعات سنوية منتظمة. لذا فإن إجمالي الدفعة السنوية هو: $\$10,000\ (A / P, 8\%, 3) = \$3,880$. في نهاية العام الأول، سيكون وفاء رأس المال: $\$3,880 - \$800 = \$3,080$. وفي بداية العام الثالث، رأس المال المتبقي للسداد هو: $\$10,000 - \$3,080 - \$3,326.40 = \$3,593.60$. لذا، فإن الفائدة المدفوعة خلال العام في الثالث هي قرابة: $0.08\ (\$3,593.60) = \$286.40$. (يوجد في هذه المسألة بعض التقريب بسبب وجود أربعة أرقام عشرية جداول الفائدة.)

المسألة 2

بافتراض أن معدل الفائدة 8 % في المسألة الأولى هو معدل فائدة اسمي. إذا كان التركيب يحدث شهرياً، ما هو معدل الفائدة السنوي الفعلي؟

الحل

استخدم المعادلة (33.3) لإيجاد:

$$i = (1+\frac{0.08}{12})^{12} - 1$$

0.083 = (أي إن المعدل الفعلي للفائدة السنوية يبلغ 8.3%).

المسألة 3

قارن الفائدة التي تجنى من مبلغ مقداره $9,000 لمدة خمسة أعوام مودع بفائدة سنوية بسيطة مقدارها 8%، بالفائدة التي تجنى من نفس المبلغ لمدة خمسة أعوام مودع بفائدة مركبة مقدارها 8% تركب كل عام. اشرح سبب الاختلاف.

الحل

الفائدة البسيطة:

$$\underline{I} = (P)\,(N)\,(i) = \$9{,}000\,(0.08)\,(5) = \underline{\$3{,}600}$$

الإجمالي: $9,000 + $3,600 = $12,600

الفائدة المركبة:

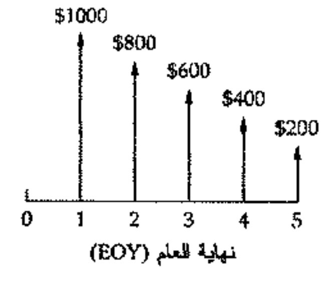
$$F = P\,(F/P, 8\%, 5) = \$9{,}000(1.4693) = \$13{,}223.70$$

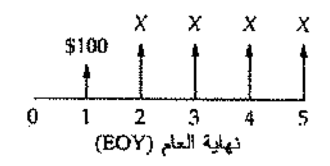
إجمالي الفائدة: $13,223.70 - $9,000 = <u>$4,223.70</u>

هناك فرق في كمية الفائدة التي تجنى لأن التركيب يسمح للفائدة المكتسبة خلال الأعوام السابقة بأن تجني فائدة، في حين لا تسمح الفائدة البسيطة بذلك.

المسألة 4

بأقل عدد من عوامل الفائدة، جد قيمة X في المخطط التالي بحيث يكون مخططا التدفق النقدي متكافئين عندما يكون معدل الفائدة 10% في السنة:





الحل

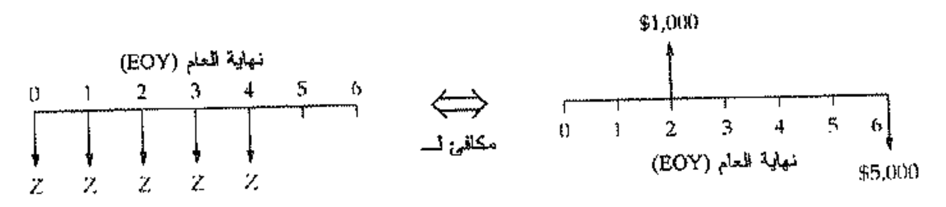
استخدم نهاية العام الأول نقطةً مرجعية وثلاثة عوامل فائدة:

$$\$1{,}000 + \$800(P/A, 10\%, 4) - \$200(P/G, 10\%, 4) = 100 + X(P/A, 10\%, 4)$$

$$X = \frac{\$900 + \$800(P/A, 10\%, 4) - \$200(P/G, 10\%, 4)}{(P/A, 10\%, 4)}$$

المسألة 5

ضع تعبيراً جبرياً لقيمة Z على مخطط التدفق النقدي الأيسر الذي ينشئ تكافؤاً مع مخطط التدفق النقدي الأيمن. معدل الفائدة الاسمي 12% تركب فصلياً (كل ثلاثة أشهر).



الحل

لدينا التالي:

$$i = (1 + 0.12/4)^4 - 1 \quad \text{(المعادلة 33.3)}$$

$$\simeq 0.1255(12.55\%)$$

$$-Z - Z(P/A, 12.55\%, 4) = \$1{,}000(P/F, 12.55\%, 2) - \$5{,}000(P/F, 12.55\%, 6)$$

$$Z = \frac{\$1{,}000(P/F, 12.55\%, 2) - \$5{,}000(P/F, 12.55\%, 6)}{[-1 - (P/A, 12.55\%, 4)]}$$

المسألة 6

قرر طالب إيداع مبالغ نصف سنوية مقدار كل منها $500 في حســـاب مصرفي يدفع فائدة سنوية اسمية مقدارها 8% تركب أسبوعياً. فكم مقدار المبلغ الذي سيتراكم لهذا الطالب في الحساب المصرفي هذا بعد عشرين عاماً؟ بفرض أن المال لن يسحب إلا مرة واحدة (المرة الأخيرة).

الحل

باستخدام المعادلة (36.3)، نرى أن i كل ستة أشهر (26 أسبوع) تساوي:

$$\left(1 + \frac{0.08}{52}\right)^{26} - 1 = 0.0408\ (4.08\%)$$

آنذاك سيصبح F في نهاية العام العشرين: $F = \$500(F/A, 4{,}08\%, 40)$، أو:

$$F = \$500\left[\frac{(1.0408)^{40} - 1}{0.0408}\right] = \$500\left[\frac{4.9150 - 1}{0.0408}\right] = \$48.419$$

المسألة 7

ادرس تدرجاً هندسياً geometric gradient لنهاية العام يدوم ثمانية أعوام وتكون قيمته الأولية في نهاية العام الأول $5,000 و $\bar{f} = 6.04\%$ في السنة من ذلك الحين فصاعداً. جد المبلغ المتدرج المنتظم المكافئ خلال المدة نفسها، إذا كانت القيمة الأساسية للتدفقات النقدية في نهاية العام الأول $4,000. أكمل الأسئلة التالية في تحديد قيمة المبلغ المتدرج، G. معدل الفائدة الاسمي 8% تركب نصف سنوياً (كل ستة أشهر).

(آ) ما هي i_{CR}؟

$$i = \left(1 + \frac{0.08}{2}\right)^2 - 1 = 0.0816$$
$$= 8.16\%$$

$$i_{CR} = \frac{1 + 0.0816}{1 + 0.0604} - 1 = 0.02 \ (2\%).$$

(ب) ما هي P_0 لسلسلة التدرج الهندسية؟

$$P_0 = \frac{\$5,000}{1 + 0.0604}(P/A, 2\%, 8)$$
$$= \$34,541$$

(ج) ما هي P'_0 للتدرج (العددي) المنتظم من التدفقات النقدية؟

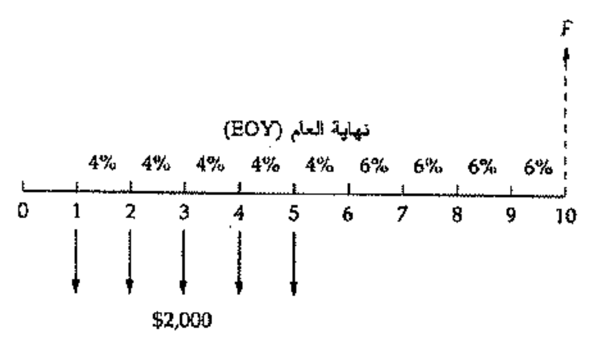
$$P'_0 = \$4,000\,(P/A, 8.16\%, 8) + G\,(P/G, 8.16\%, 8)$$

(د) ما هي قيمة G؟

ضع $P_0 = P'_0$ وحلّ G. الجواب: $G = \$662.53$.

المسألة 8

قام شخص بإيداع خمسة مبالغ سنوية مقدارها $2,000 في حساب ادخار يدفع فائدة سنوية مقدارها 4%. بعد عام واحد من إيداع المبلغ الأخير، تغير معدل الفائدة ليصبح 6% في السنة. وبعد خمسة أعوام على الإيداع الأخير، سحب المال المتراكم من حساب الادخار. فما مقدار المبلغ المسحوب؟



الحل

$$F = \$2,000(F/A, 4\%, 5)\,(F/P, 4\%, 1)\,(F/P, 6\%, 4) = \$14,223$$

المسألة 9

مبلغ مستقبلي F يكافئ $2,000 تسلم كل ستـــة أشهر وعلى مدى الـــ 12 عاماً القادمة. معدل الفائدة الاسمي 20% تركب باستمرار. ما هي قيمة F؟

الحل

$$F = \frac{\$2{,}000}{6}(F/A, \underline{10}\%$$ كل ستة أشهر، 24 مرحلة مدة كل منها ستة أشهر)

$$= \$190{,}607.40.$$

المسألة 10

ما قيمة P المكافئة لـــ $\bar{A} = \$800/\text{yr}$ ($800 تتدفق باستمرار كل عام) ولمدة 11.2 عام؟ معدل الفائدة الاسمي 10%، يركب باستمرار.

الحل

$$P = \frac{\$800}{\text{yr}}(P/\bar{A}, \underline{10}\%/\text{yr}, 11.2 \text{ years})$$

$$= \$800\left(\frac{e^{0.10(11.2)} - 1}{0.10e^{0.10(11.2)}}\right) = \$800\left(\frac{e^{1.12} - 1}{0.10e^{1.12}}\right)$$

$$\cong \$5{,}390.$$

	A	B
1	i	30.0%
2	N	7
3		
4		
5	(F/P, i%, N) =	[illegible]
6	(P/F, i%, N) =	[illegible]
7	(F/A, i%, N) =	[illegible]
8	(P/A, i%, N) =	[illegible]
9	(A/F, i%, N) =	[illegible]
10	(A/P, i%, N) =	[illegible]
11		
12	(P/G, i%, N) =	[illegible]
13	(A/G, i%, N) =	[illegible]
14	(F/G, i%, N) =	[illegible]

الخلية	الاسم
B1	i
B2	N

الخلية	المحتوى
B5	(1+*i*)^*N*
B6	1/(1+*i*)^*N*
B7	((1+*i*)^*N*-1)/*i*
B8	((1+*i*)^*N*-1)/(*i**(1+*i*)^*N*)
B9	*i*/((1+*i*)^*N*-1)
B10	*i**(1+*i*)^*N*/((1+*i*)^*N*-1)
B12	(((1+*i*)^*N*-1)/(*i**(1+*i*)^*N*)-*N*/(1+*i*)^*N*)/*i*
B13	(1/*i*)-*N*/((1+*i*)^*N*-1)
B14	((1+*i*)^*N*-1)/*i*^2-*N*/*i*

الشكل 27.3: وريقات جدولة spreadsheet لتوليد قيم عامل الفائدة بتركيب متقطع.

22.3 تطبيقات وريقات الجدولة spreadsheet

يجدول الملحقان C وD أكثر عوامل الفائدة شيوعاً لمعدلات فائدة متنوعة وعدد من مدد التركيب. إلاّ أننا غالباً ما

نستخدم معدل فائدة ليس له جدول مقابل في الملاحق. في هذه الحالة، علينا اللجوء إلى استخدام المعادلات التـي تعرّف عوامل الفائدة. يمكن تسهيل هذه العملية باستخدام ورقة جدولة.

يُظهر (الشكل 27.3) ورقة جدولة (وصيغ الخلية الموافقة) التـي يمكن استخدامها لتوليد قيم عامل التركيب المتقطع لمعدل فائدة معلوم (i) وعدد من مدد التركيب (N). كما يُظهر (الشكل 28.3) ورقة جدولة مشابهة لتوليد قيم العوامل في حالة التركيب المستمر.

	A	B
1	r	15.0%
2	N	5
3		
4		
5	(F/P, r%, N) =	
6	(P/F, r%, N) =	
7	(F/A, r%, N) =	
8	(P/A, r%, N) =	
9	(A/F, r%, N) =	
10	(A/P, r%, N) =	

الخلية	الاسم
B1	r
B2	N

الخلية	الصيغة
B5	=EXP(r*N)
B6	=EXP(-r*N)
B7	=(EXP(r*N)-1)/(EXP(r)-1)
B8	=(EXP(r*N)-1)/(EXP(r*N)*(EXP(r)-1))
B9	=(EXP(r)-1)/(EXP(r*N)-1)
B10	=(EXP(r*N)*(EXP(r)-1))/(EXP(r*N)-1)

الشكل 28.3: ورقات جدولة لتوليد قيم عامل الفائدة بتركيب مستمر.

(الشكل 29.3) هو نموذج ورقة جدولة بإمكانها حساب معدلات الفائدة الفعلية. وفي حال كان معدل الفائدة الاسمي (r) معلوماً وكذلك عدد مدد التركيب في العام (M)، تحسب ورقة الجدولة معدل الفائدة السنوي الفعلي. وإذا وقعت التدفقات النقدية بتردد أقل من مدد التركيب – كأن يكون التركيب مثلاً شهرياً، على حين تكون التدفقات النقدية كل ثلاثة أشهر – فإن بإمكان ورقة الجدولة حساب معدل الفائدة الفعلي خلال الفاصل الزمنـي بين التدفقات النقدية.

	A	B	C	D	E
1	Nominal interest rate, r				12%
2	Compounding periods per year, M				12
3	Number of compounding periods				
4		per fixed time interval			
5		separating cash flows, K			4
6					
7	Effective interest rates:				
8		i (annual)			
9		i (per K compounding periods)			

الخلية	الاسم
E1	r
E2	M
E5	K

الخلية	المحتوى
E8	=((1 + r/M)^M)-1
E9	=((1 + r/M)^K)-1

الشكل 29.3: ورقات جدولة لحساب معدل الفائدة الفعلي.

23.3 ملخص

قدم الفصل الثالث العلاقات الأساسية للقيمة الزمنية للمال المستخدمة في الجزء المتبقي من هذا الكتاب. وقد أكدنا بوجه خاص مفهوم التكافؤ الاقتصادي، سواء أكانت التدفقات النقدية ومعدلات الفائدة ذات الصلة متقطعة أم مستمرة. لا بد أن يشعر الطلبة بالارتياح في التعامل مع مواد هذا الفصل قبل أن يشدوا الرحال لرحلتهم المقبلة عبر الفصول

اللاحقة. هناك لائحة ببعض الاختصارات والرموز الهامة الواردة في الفصل 3 وضعت في الملحق B الذي سيكون لكم مرجعاً مفيداً لدى استخدامكم لهذا الكتاب.

24.3 المراجع

AU, T., and T. P. AU, *Engineering Economics for Capital Investment Analysis* (Boston: Allyn and Bacon, 1983).

BUSSEY, L. E., and T. G. ESCHENBACH, *The Economic Analysis of Industrial Projects* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1992).

THUESEN, G. J., and W. J. FABRYCKY, *Engineering Economy*, 9th ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001).

WHITE, J. A., K. E. CASE, D. B. PRATT, and M. H. AGEE, *Principles of Engineering Economic Analysis*, 4th ed. (New York: John Wiley, 1998).

يمكن اختيار مسائل حسب الفقرات المدروسة في الفصل

25.3 مسائل

يدل الرقم أو الأرقام في نهاية المسألة على الفقرة أو الفقرات في الفصل الأوثق صلة بتلك المسألة.

1.3 ما مبلغ الفائدة المجمل الذي سيدفع على قرض يبلغ $10,000 أخذ في الأول من آب 2002 وسدد في الأول من تشرين الثانـي 2006، بفائدة عادية بسيطة مقدارها 10% سنوياً؟ (4.3)

2.3 ارسم مخطط تدفق نقدي لقرض قيمته $10,500 أقرض بمعدل فائدة سنوية 12% ولمدة ستة أعوام. ما مقدار الفائدة البسيطة التـي ستدفع كمبلغ مجمل في نهاية العام السادس؟ (4.3) و(7.3)

3.3 ما المكافئ المستقبلي لمبلغ $1,000 يستثمر بفائدة بسيطة معدلها 8% في السنة ولمدة عامين ونصف العام؟ (4.3)

آ. $1,157 ج. $1,200 هـ. $1,150

ب. $1,188 د. $1,175

4.3 ما مقدار الفائدة *الواجبة الدفع كل عام* على قرض يبلغ $2,000 إذا كان معدل الفائدة 10% في السنة، وذلك عندما يكون نصف رأس المال المقترض سيدفع كمبلغ مجمل في نهاية الأربعة أعوام، في حين يدفع *النصف* الآخر منه كمبلغ مجمل واحد في نهاية الثمانية أعوام؟ ما هي الفائدة التـي ستدفع على مدى الثمانية أعوام؟ (6.3)

5.3 في المسألة 4.3، لو لم تكن الفائدة قد دفعت كل سنة بل أضيفت إلى رأس المال غير المسدد إضافة إلى الفائدة المتراكمة، فكم تبلغ الفائدة المستحقة للمقرض كمبلغ مجمل في نهاية العام الثامن؟ وكم تبلغ الفائدة الإضافية المدفوعة هنا (بالمقارنة مع المسألة 4.3)، وما سبب الفرق؟ (6.3)

6.3

آ. في الخطة 1 من (الجدول 1.3)، افترض أنه يجب سداد $4,000 من رأس المال في نهاية العامين الثانـي والرابع فقط. فكم تبلغ عندئذ الفائدة الإجمالية التـي ستدفع مع نهاية العام الرابع؟ (6.3)

ب. أصلح الخطة 3 من (الجدول 1.3) إذا فرضت على القرض فائدة سنوية مقدارها 8%. ما مقدار *رأس المال* الذي يجري سداده الآن في إجمالي دفعة نهاية العام الثالـث؟ كم تبلغ الفائدة الإجمالية المدفوعة مع نهاية العام الرابع (6.3) و(9.3)

7.3

آ. استناداً إلى المعلومات، حدد قيمة كل "؟" في الجدول التالي: (6.3)

رأس المال المقرض = $10,000

معدل الفائدة = 6% في السنة

مدة القرض = 3 سنوات

نهاية العام k	الفائدة المدفوعة	سداد رأس المال
1	$600	؟
2	$411.54	$3,329.46
3	؟	؟

ب. ما مقدار رأس المال المستحق في *بداية* العام الثالث؟

ج. لماذا يختلف مقدار الفائدة الإجمالية المدفوعة في (آ) عن $\$10,000 \times (1.06)^3 - \$10,000 \simeq \$1,910$ الذي قد تسدد تبعاً للخطة 4 في (الجدول 1.3)؟

8.3 يجب مراكمة مبلغ مستقبلي مقداره $150,000 عبر دفعات سنوية مقدارها A ، وعلى مدى 20 عاماً. تقع آخر دفعة من A في آن واحد مع المبلغ المستقبلي في نهاية العام 20. إذا كان معدل الفائدة 9% في السنة، فما هي قيمة A؟ (9.3)

9.3 ما مقدار المبلغ الذي يجب إيداعه في حساب ادخار في الأول من كل شهر كانون الثاني، إذا رغبت في نهاية العام 13 (أي بعد القيام بــ13 إيداع) بالحصول على مبلغ $10,000 ؟ الفائدة السنوية 7%. (*ملاحظة*: ستتزامن الدفعة الأخيرة مع زمن استحقاق رصيد الــ $10,000). (9.3)

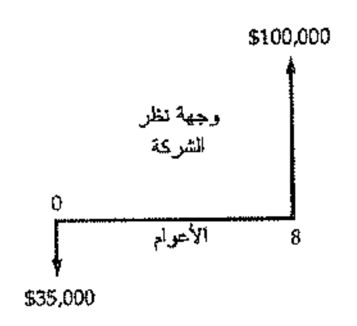
10.3 مبلغ F مستقبلي يكافئ الآن $1,500، عندما تفصل المبالغ ثمانية أعوام، ويكون معدل الفائدة السنوي 10%. ما قيمة F؟ (8.3)

11.3 سند حالي قيمته $20,000 يجب أن يسدد على شكل مبالغ سنوية منتظمة يتضمن كل منها دفعة للدين (رأس المال) وفوائد على الدين، طوال خمسة أعوام. فإذا كان معدل الفائدة السنوي 12%، ما مقدار دفعة السداد السنوية؟ (9.3)

12.3 افترض أن مبلغ الــ$20,000 في المسألة 11.3 يجب أن يسدد بمعدل $4,000 في السنة، إضافة إلى الفائدة التــي تستحق الدفع على أساس رأس مال بداية العام غير المسدد. احسب إجمالي مبلغ الفائدة المسدد في هذه الحالة وقارنه بذلك العائد للمسألة 11.3. لماذا يختلف المبلغان؟ (6.3)

13.3 يرغب أحد الأشخاص بجعل مبلغ $5,000 يتراكم خلال مدة 15 عاماً، بحيث يتمكن من الحصول على دفعة نقدية لبناء سقف جديد لمنــزله الصيفي الريفي الصغير. ولكي يحصل على هذا المبلغ عند الحاجة إليه، سيودع دفعات سنوية في حساب ادخار بحيث يحصل على فائدة سنوية مقدارها 8%. فكم يجب أن تبلغ كل دفعة سنوية؟ ارسم مخطط تدفق نقدي. (7.3) و(9.3)

14.3 علمت تواً أن شركة ABC لديها فرصة استثمار تبلغ تكلفتها $35,000، وتدفع بعد ثمانية أعوام مبلغاً محملاً قدره $100,000. مخطط التدفق النقدي كالتالي:



ما معدل الفائدة السنوي الذي يعود به هذا الاستثمار؟ احسب إجابتك بحيث تكون أقرب ما يمكن لعشر واحد من 1%. (8.3)

15.3 قدر إنتاج منجم نحاس خلال السنة القادمة بـــ 10,000 طن من المعدن الخام. ويتوقع ازدياد الإنتاج بمعدل 5% سنوياً طوال الأعوام الستة التالية. سيبلغ الربح للطن الواحد 14$ من العام الأول وحتـــى السابع.

آ. ارسم مخطط تدفق نقدي لعمل منجم النحاس هذا، من وجهة نظر الشركة. (7.3)

ب. إذا كان بإمكان الشركة أن تكسب 15% في السنة على رأسمالها، فما هو المكافئ المستقبلي لتدفقات منجم النحاس النقدية في نهاية العام السابع؟ (8.3) أو (14.3)

16.3 اشترت السيدة غرين سيارة جديدة تواً بمبلغ 20,000$. دفعت سلفاً 30% من السعر المتفاوض عليه ثم دفعت أقساطاً شهرية قيمة كل منها 415.90$ لخلال الأشهر 36 التالية. وهي تعتقد أن بالإمكان بيع السيارة بمبلغ 7,000$ في نهاية الثلاثة أعوام. ارسم مخطط تدفق نقدي لهذه الحالة من وجهة نظر السيدة غرين. (7.3)

17.3 إذا أودع الآن مبلغ 25,000$ في حساب ادخار يجنـــي فائدة مقدارها 6% سنوياً، ما هو المبلغ السنوي المنتظم الذي يمكن سحبه في نهاية كل عام ولمدة عشرة أعوام، بحيث لا يتبقى شيء في الحساب بعد السحب العاشر؟ (9.3)

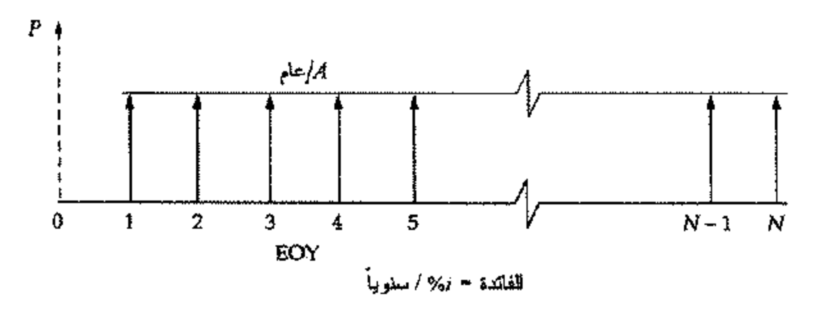
18.3 قدر أنه بإمكان قطعة تجهيزات معينة توفير 22,000$ من تكاليف العمالة والمواد. عمر القطعة التقديري خمس سنوات وليس لها قيمة تجارية. فإذا كان على الشركة أن تجنـــي 15% كعائدات سنوية لمثل هذا الاستثمار، كم تبلغ التكلفة المبررة الآن لشراء قطعة التجهيزات هذه؟ ارسم مخطط تدفق نقدي من وجهة نظر الشركة. (7.3) و(9.3)

19.3 بافتراض أنه يتوقع أن يقتصد تركيب نوافذ حرارية قليلة الفواقد في منطقتك مبلغ 350$ سنوياً من فاتورة تدفئة منـــزلك، خلال الأعوام الثمانية عشر القادمة. فإذا كان بإمكانك أن تكسب 8% في السنة من استثمارات أخرى، فكم يمكنك الآن أن تتكلف على تلك النوافذ؟ (9.3)

20.3 إن تعديلاً مقترحاً لمنتج ما بغية تفادي مصاعب إنتاجية سيتطلب نفقات فورية تبلغ 14,000$ وذلك لتعديل قوالب معينة. ما مقدار التوفير السنوي اللازم لاسترداد هذه النفقة في غضون أربعة أعوام وبفائدة مقدارها 10% سنوياً؟ (9.3)

21.3 يمكنك شراء آلة بـــ 100,000$ تنتج دخلاً صافياً قدره 10,000$ في السنة، بعد حساب تكاليف التشغيل. فإذا كنت تخطط للإبقاء على الآلة مدة أربعة أعوام، كم يجب أن تكون قيمتها التجارية (عند طرحها للبيع ثانية) في نهاية الأعوام الأربعة كي يكون الاستثمار مبرراً؟ عليك أن تجنـــي من استثمارك إيراداً سنوياً مقداره 15%. (9.3)

22.3 انظر إلى مخطط التدفق النقدي المرافق. (راجع الشكل P3.22) (9.3)



الشكل **P3.22**: العائد للمسألة 22.3.

آ. إذا كانت $P = \$1,000$ و$A = \$200$ و$i\% = 12\%$ في السنة، فكم تساوي N؟

ب. إذا كانت $P = \$1,000$ و$A = \$200$ و$N = 10$ أعوام، فكم تساوي i؟

ج. إذا كانت $A = \$200$ و$i\% = 12\%$ في السنة و$N = 5$ أعوام، فكم تساوي P؟

د. إذا كانت $P = \$1,000$ و$i\% = 12\%$ في السنة و$N = 5$ أعوام، فكم تساوي A ؟

23.3 استخدم القاعدة 72 الآتية لتحديد الوقت اللازم لتراكم $10,000 في حساب ادخار، عندما يكون P = $5,000 و$i = \%10$ في السنة. (8.3)

القاعدة 72: الوقت اللازم لمضاعفة قيمة استثمار مبلغ مجمل يسمح بتركيبه هو تقريباً:
72 ÷ معدل الفائدة السنوية معبَّراً عنه كنسبة مئوية (%a)

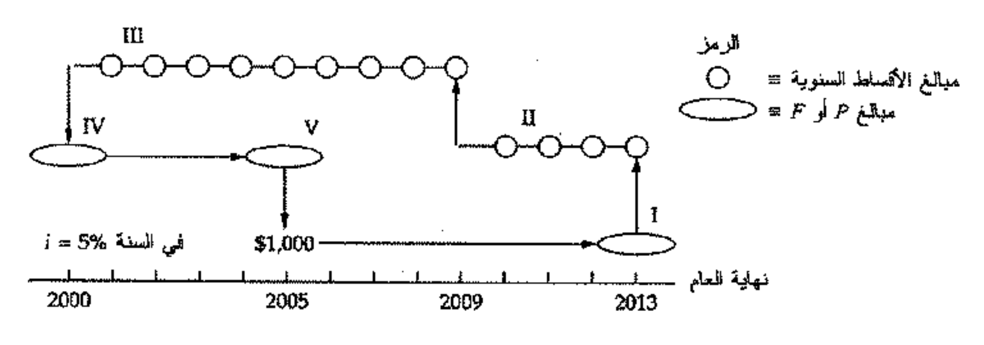
24.3

آ. بين أن العلاقة التالية صحيحة: $(A / P, i, N) = i /[1- (P / F, i, N)]$. (10.3)

ب. بين أن: $(A / G, 0\%, N) = (N - 1)/2$. (14.3)

ج. إذا بدأ قسط سنوي A في نهاية العام الأول واستمر بعد ذلك كل عام وإلى ما لا نهاية، ما هي قيمة P_0 المكافئة العائدة له عندما تكون $i = 12\%$ في السنة؟ (9.3)

25.3 باستخدام (الشكل P3.25)، جد القيم المكافئة للتدفقات النقدية I - V لتدفق نقدي وحيد قيمته $1,000 في نهاية عام 2005 عندما يكون معدل الفائدة 5% في السنة. (*تلميح*: إن نقل $1,000 من عام 2005 إلى I، ومن I إلى II، وهكذا، وبحسابات القيمة الزمنية للمال، يجب أن ينجم عن ذلك $1,000 في نهاية عام 2005. (8.3)



الشكل **P3.25**: العائد للمسألة 25.3

26.3 افترض أنك اقترضت $10,000 الآن بفائدة 15% في السنة. ستسدّد دفعة جزئية قيمتها $4,000 بعد أربعة أعوام

من هذا التاريخ. المبلغ المتبقي على الأغلب هو بحدود (8.3):

آ. $7,000 ب. $8,050 ج. $8,500

د. $13,490 هـ. $14,490

27.3 ما المبلغ الواجب إيداعه كل عام ولمدة 12 عاماً، إذا رغبنا في سحب $309 سنوياً ولمدة خمسة أعوام، بدءاً من نهاية العام الخامس عشر؟ ولتكن $i = 8\%$ في السنة. (11.3)

28.3 بفرض أن لديك اليوم مبلغاً نقدياً يبلغ $10,000 وأن بإمكانك استثماره بمعدل فائدة 10% تركب كل عام. كم من السنوات يلزمك كي تصبح مليونيراً؟ (8.3)

29.3 تدفع أقساط متساوية في نهاية كل عام تبلغ قيمة كل منها $263.80 وذلك لسداد قرض قيمته $1,000 بفائدة فعلية 10% في السنة. (6.3) و(9.3)

آ. كم عدد الدفعات المطلوبة لسداد كامل القرض؟

ب. مباشرة بعد الدفعة الثانية، ما هو المبلغ المجمل الذي يمكن أن يسدد القرض كلياً؟

30.3 تقدر تكلفة صيانة جسر صغير عمره التقديري خمسون عاماً $1,000 في السنة خلال السنوات الخمس الأولى، يتبعها إنفاق $10,000 في العام الخامس عشر، و$10,000 في العام 30. إذا كانت $i = 10\%$ في السنة، كم تبلغ التكلفة المكافئة المنتظمة السنوية طوال مدة الخمسين عاماً؟ (12.3)

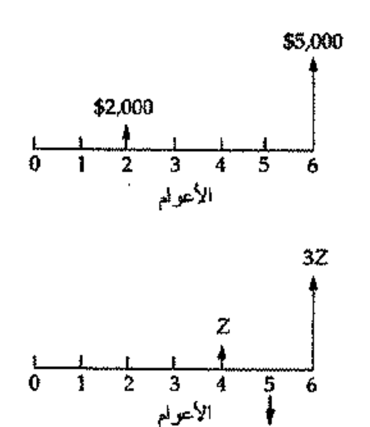
31.3 في عام 1971، كانت تكلفة إرسال مغلف وزنه أونصة واحدة ببريد الدرجة الأولى $0.08. وفي عام 2001، أصبحت تكلفة الطابع البريدي من الدرجة الأولى للمغلف نفسه $0.34. ما هي الزيادة *السنوية* المركبة التي طرأت على تكلفة الطابع البريدي من الدرجة الأولى خلال الثلاثين عاماً؟ (8.3)

32.3 اشتريت معدات خاصة تخفض من عيوب إحدى المواد بقيمة $10,000 في السنة. بيعت هذه المادة بموجب عقد للسنوات الخمس القادمة. بعد انتهاء مدة العقد، ستوفر التجهيزات الخاصة تقريباً $3,000 في السنة ولمدة خمسة أعوام. بافتراض أنه ليس للآلة قيمة تجارية في نهاية العشرة أعوام. كم يمكنك أن تدفع الآن لهذه التجهيزات، إذا كنت تطلب عائدات سنوية لاستثمارك هذا بقيمة 20%؟ جميع التدفقات النقدية هي مبالغ نهاية – عام EOY. (12.3)

33.3 يريد John Q. أن تصل قيمة ممتلكاته إلى $200,000 في نهاية عشرة أعوام. القيمة الصافية لما يملكه الآن تساوي الصفر. يمكنه تجميع المبلغ المأمول، أي $200,000، بإيداع $14,480 في نهاية كل عام ولمدة عشرة أعوام. ما معدل الفائدة السنوية التي يجب عليه استثمار ودائعه بها؟ (9.3)

34.3 ما المبلغ المجمل الذي يجب إيداعه الآن في حساب مصرفي بحيث يمكن سحب $500 في الشهر لمدة خمسة أعوام، ويكون موعد السحب الأول بعد ستة أعوام من هذا التاريخ؟ معدل الفائدة 3/4% في الشهر. (تلميح: تبدأ السحوب الشهرية في نهاية الشهر 72). (11.3)

35.3 حل من أجل قيمة Z في الشكل المرافق التالي، بحيث يكون مخطط التدفق النقدي العلوي مكافئاً لمخطط التدفق النقدي السفلي. ولتكن $i = 8\%$ في السنة. (12.3)



36.3 اقترض أحد الأشخاص مبلغ $100,000 بفائدة مقدارها 8% تركب سنوياً. يجب سداد القرض على أقساط سنوية متساوية على مدى 30 عاماً. إلا أنه مباشرة بعد تسديد المبلغ الثامن، سمح المقرض للمدين بمضاعفة القسط السنوي ثلاث مرات. قبل المدين بزيادة قيمة الدفعات هذه. فإذا كان الدائن ما زال يفرض على رصيد القرض غير المسدد فائدة سنوية مقدارها 8% تركب سنوياً، فما هو الرصيد المدين بعد تسديد الدفعة الثانية عشرة مباشرة؟ (12.3)

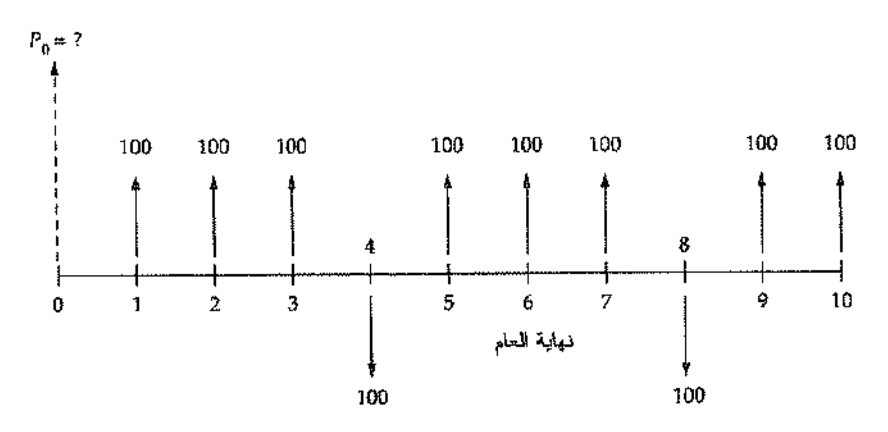
37.3 توصلت امرأة إلى اتفاق تدفع بموجبه قرضاً مصرفياً مقداره $1,000 على 10 دفعات متساوية بمعدل فائدة سنوي فعلي مقداره 10%. ومباشرة بعد الدفعة الثالثة، اقترضت مبلغاً آخر قدره $500، بفائدة قدرها 10% في السنة أيضاً. وعندما اقترضت هذا المبلغ ($500)، طلبت من المصرفي أن يدعها تدفع ما تبقى عليها من دين من القرض الأول والمبلغ الكامل المترتب عليها من القرض الثانـي على 12 دفعة سنوية متساوية. على أن تبدأ بسداد الدفعة الأولى منها بعد عام من استلامها القرض الثانـي البالغ $500. احسب مقدار كل دفعة من هذه الدفعات الاثنتـي عشرة. (12.3)

38.3 يجب سداد قرض قيمته $10,000 خلال ثمانية أعوام. خلال السنوات الأربع الأولى، يجب سداد نصف رأس المال المقرض بالضبط (إضافة إلى الفائدة المركبة المتراكمة) وفق سلسلة منتظمة من الدفعات قيمتها A_1 دولار في السنة. النصف الثانـي من رأس المال المقرض سيسدد على أربعة أعوام بفائدة متراكمة وفق سلسلة منتظمة من الدفعات قيمتها السنوية A_2 دولار في السنة. فإذا كانت $i = 9\%$ في السنة، كم تبلغ كل من A_1 وA_2؟ (12.3)

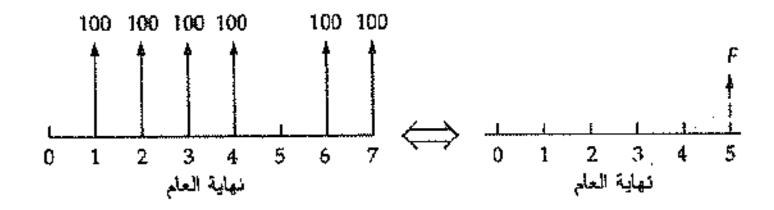
39.3 في الأول من شهر كانون الثانـي 2002، كانت قيمة حساب الادخار العائد لأحد الأشخاص $200,000. ومنذ ذلك الحين فصاعداً وهذا الشخص يودع شهرياً في حسابه هذا مبلغاً شهرياً قدره $676. فإذا كان من المتوقع أن تصبح قيمة الحساب $400,000 في الأول من كانون الثانـي 2007، ما هو معدل الفائدة السنوية التـي يكسبها على هذا الحساب؟ (17.3)

40.3 حدد القيمة المكافئة الحالية في الوقت 0 في مخطط التدفق النقدي المرافق (انظر الشكل P3.40) عندما تكون $i = 7\%$ في السنة. حاول تخفيض عدد عوامل الفائدة التـي تستخدمها إلى الحد الأدنـى. (12.3)

41.3 حول التدفقات النقدية التـي تظهر إلى الجهة اليسرى من المخطط (انظر الشكل P3.41) إلى مقدارها المكافئ F الذي يظهر إلى الجانب الأيمن. معدل الفائدة السنوية 8%. (12.3)

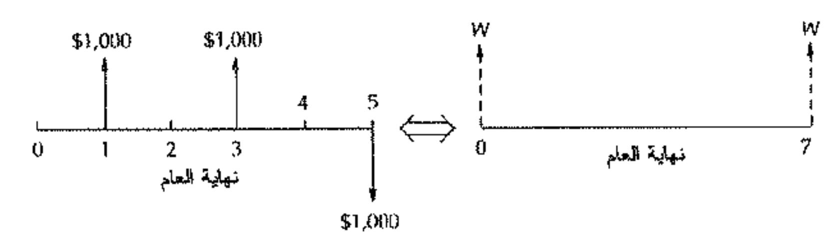


الشكل P3.40: العائد للمسألة 40.3.



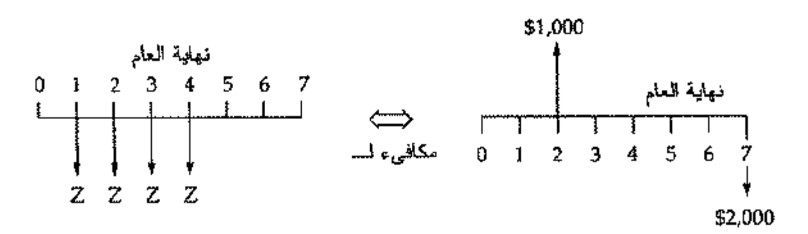
الشكل P3.41: العائد للمسألة 41.3.

42.3 حدد قيمة W التـــي تظهر على الجانب الأيسر من المخطط المرافق (انظر الشكل P3.42) الذي يجعل مخططي التدفقات النقدية متكافئين عندما تكون $i = 12\%$ في السنة. (12.3)



الشكل P3.42: العائد للمسألة 42.3

43.3 حدد قيمة Z في الجانب الأيسر من مخطط التدفق النقدي المرافق (انظر الشكل P3.43) والتـــي تنشئ تكافئاً مع الجانب الأيمن. معدل الفائدة 10% في السنة. (12.3)



الشكل P3.43: العائد للمسألة 43.3

44.3 حدد قيمة "A" (مبلغ سنوي منتظم من السنة 1 إلى السنة 10) في (الجدول P3.44) المكافئ لنموذج التدفق النقدي التالي (معدل الفائدة السنوي 10%): (12.3)

الجدول **P44.3**: نموذج التدفق النقدي للمسألة **44.3**.

نهاية العام	المبلغ
0	$800
1	1,000
2	1,000
3	1,100
4	1,200
5	1,300
6	1,400
7	1,500
8	1,600
9	1,700
10	1,800

45.3 تكاليف استثمار وعاء احتراق معين ذي طبقة مميعة $100,000، معدل حياته 10 أعوام وقيمته التجارية لا تذكر (قيمته إذا ما بيع مجدداً). يتوقع أن تصل التكاليف السنوية للمواد والصيانة والطاقة الكهربائية اللازمة للوعاء $10,000. ستجري عملية كبرى لإعادة تبطين وعاء الاحتراق العام الخامس بتكلفة قدرها $30,000. فإذا كان معدل الفائدة 15% سنوياً، ما هي تكلفة المبلغ المحمل المكافئة لهذا المشروع في الوقت الحالي؟ (12.3)

46.3 بافتراض أن مبلغاً قدره $400 يودع كل عام في حساب ادخار بفائدة سنوية (i = 8%). فإذا ما أودع في الحساب 12 دفعة، فما مقدار المبلغ المتراكم في الحساب في نهاية العام الثاني عشر؟ تبدأ الدفعة الأولى في الزمن صفر (أي الآن). (9.3)

47.3 صُرف مبلغ $20,000 لتعديل نظام معالجة المواد في ورشة عمل صغيرة. وسيؤدي هذا التغيير إلى اقتصاد يبلغ في العام الأول $2,000 ، وفي العام الثاني $4,000، وفي الأعوام التالية $5,000 في السنة. فكم سنة يجب أن يدوم النظام، إذا كان المطلوب الحصول على عوائد استثمار مقدارها 18% ؟ صنع النظام لهذه الورشة خاصة وليس له قيمة تجارية في أي وقت. (12.3)

48.3 حدد القيمة المكافئة الحالية والقيمة المكافئة السنوية لنموذج التدفق النقدي الذي يظهر في (الشكل **P3.48**) حيث i = 8% في السنة. (13.3)

نهاية العام	0	1	2	3	4	5	6	7
المبلغ ($)	−1,500	+500	+500	+500	+400	+300	+200	+100

الشكل **P3.48**: العائد للمسألة 48.3

49.3 جد المبلغ السنوي المنتظم المكافئ لسلسلة تدرج منتظم تبلغ دفعة العام الأول فيها $500، ودفعة العام الثاني $600، ودفعة العام الثالث $700، وهكذا...، وحيث هناك ما مجموعه 20 دفعة. معدل الفائدة السنوي 8%. (13.3)

50.3 بافتراض أن الدخل السنوي لملكية مؤجرة يتوقع أن يبدأ بمبلغ $1,300 سنوياً وأن ينقص بمقدار منتظم قدره $50 في السنة بعد العام الأول وخلال 15 عاماً هي العمر المتوقع لتلك الملكية. تبلغ تكلفة الاستثمار $8,000 و$i$ = 9% في

السنة. فهل يعد هذا استثماراً جيداً؟ افترض أن الاستثمار يبدأ في الزمن صفر (الآن) وأن أول دخل سنوي يأتـــي في نهاية العام الأول. (13.3)

51.3 في حالة جدول سداد يبدأ في نهاية العام الرابع بـــ Z دولار، ويستمر من العام الرابع وحتـــى العاشر بمعدل $2Z، $3Z، . . .، ما هي قيمة Z، إذا كان رأس مال القرض $10,000 وكان معدل الفائدة السنوي 7%؟ استخدم في حلك مبلغ تدرج منتظم G. (13.3)

52.3 إذا كانت $10,000 الآن مكافئة لـــ 4Z في نهاية العام الثاني، ولـــ 3Z في نهاية العام الثالث، ولـــ 2Z في نهاية العام الرابع، ولـــ Z في نهاية العام الخامس، فما هي قيمة Z عندما تكون $i = 8\%$ في السنة؟ استخدم في حلك مبلغ تدرج منتظم G. (13.3)

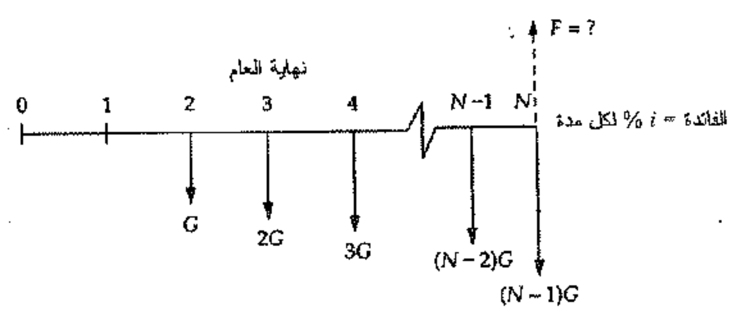
53.3 ارجع إلى مخطط التدفق النقدي المرافق (انظر الشكل P3.53) وحلّ لإيجاد الكمية المجهولة في الأجزاء من (آ) وحتـــى (د) التـــي تجعل القيمة المكافئة للتدفقات النقدية الخارجة مساوية للقيمة المكافئة للتدفقات النقدية الداخلة، F.(13.3)

آ. إذا كان $F = \$10,000$, و$G = \$600$ و$N = 6$، إذن $i = ?$

ب. إذا كان $F = \$10,000$, و$G = \$600$ و$i = 5\%$ للمدة الواحدة، إذن $N = ?$

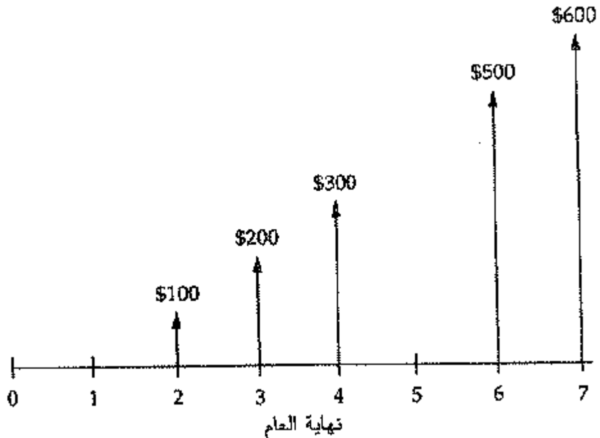
ج. إذا كانت $G = \$1,000$ و$N = 12$، و$i = 10\%$ للمدة الواحدة، إذن $F = ?$

د. إذا كانت $F = \$8,000$، و$N = 6$، و$i = 10\%$ للمدة الواحدة ، إذن $G = ?$



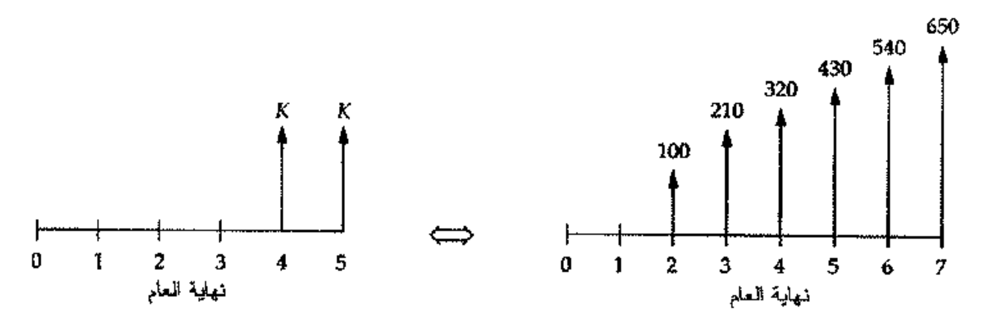
الشكل P3.53: العائد للمسألة 53.3

54.3 حلّ للحصول على P_0 في مخطط التدفق النقدي المرافق، (الشكل P3.54)، باستخدام عاملي فائدة فقط. معدل الفائدة 15% في السنة. (13.3)



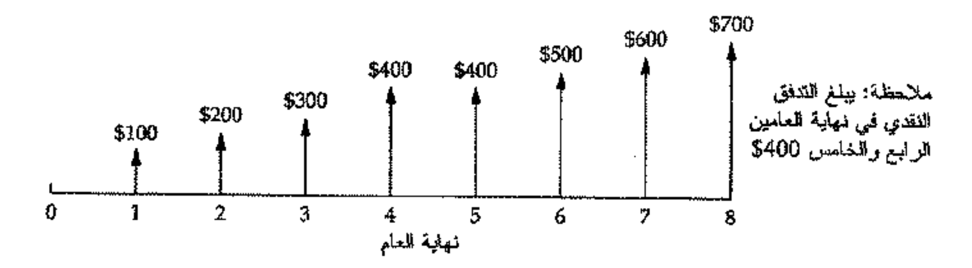
الشكل P3.54: العائد للمسألة 54.3

55.3 في المخطط المرافق، (الشكل P3.55)، ما هي قيمة K في مخطط التدفق النقدي الأيسر المكافئ لمخطط التدفق النقدي الأيمن؟ ليكن $i = 12\%$ سنوياً. (13.3)



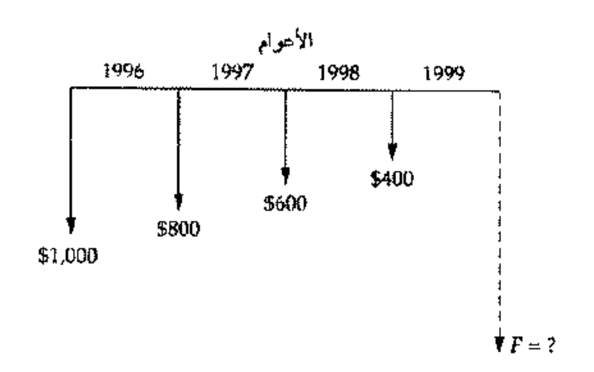
الشكل P3.55: العائد للمسألة 55.3

56.3 في حالة مخطط التدفق النقدي المرافق، (الشكل P3.56)، أكمل المعادلة التكافئية التالية: $P_0 = \$100\ (P/A,\ 10\%,$ 4) + ______. (يمكن إكمالها بحد إضافي واحد). (13.3)



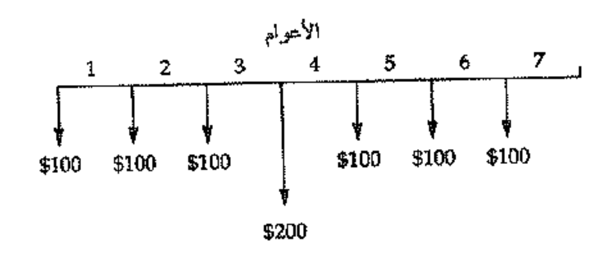
الشكل P3.56: العائد للمسألة 56.3

57.3 احسب المكافئ المستقبلي في نهاية عام 1999، بمعدل فائدة 8% في السنة، لسلسلة التدفق النقدي التالية في (الشكل P3.57) [استخدم في حلك مبلغاً ذا تدرج منتظم (G)]: (13.3)



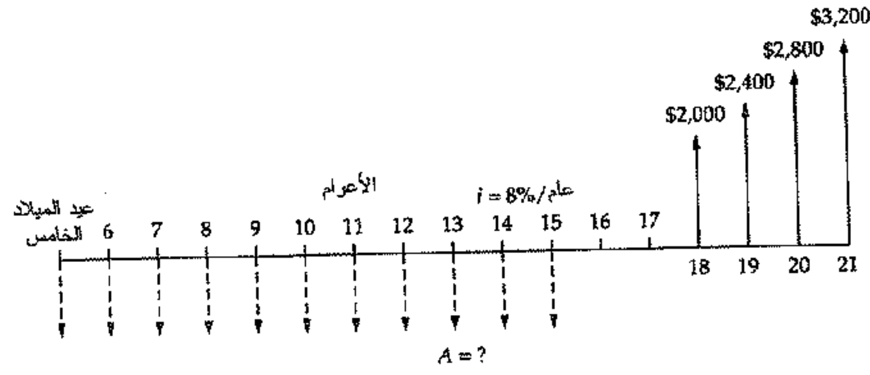
الشكل P3.57: العائد للمسألة 57.3

58.3 حوِّل نموذج التدفق النقدي الذي يظهر في (الشكل P3.58) إلى سلسلة منتظمة من تكاليف نهاية العام خلال سبعة أعوام، ولتكن $i = 9\%$ في السنة. (12.3)



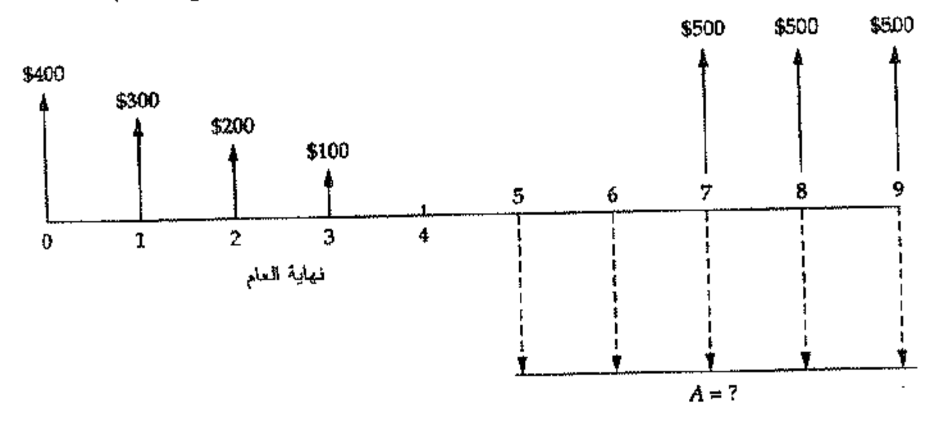
الشكل P3.58: العائد للمسألة 58.3

59.3 بافتراض أن والدي طفل صغير قررا إيداع مبالغ سنوية في حساب توفير. أول إيداع جرى بمناسبة عيد مولد الصبـــي الخامس، وآخر إيداع في عيد ميلاده الخامس عشر. ثم ابتداء من عيد ميلاد الصبـــي الثامن عشر ستجري السحوب المبينة في (الشكل P3.59). فإذا كان معدل الفائدة السنوي الفعلي 8% خلال هذه المدة، كم تبلغ الإيداعات السنوية في العام الخامس وحتـــى الخامس عشر؟ استخدم في حلك مبلغاً ذا تدرج منتظم (G). (13.3)



الشكل P3.59: العائد للشكل 59.3

60.3 جد قيمة الكمية المجهولة في مخطط التدفق النقدي المرافق، (الشكل P3.60)، والتـــي تثبت التكافؤ بين التدفقات النقدية الداخلة والخارجة. لتكن $i = 8\%$ في السنة. استخدم في حلك عاملاً ذا تدرج منتظم. (13.3)

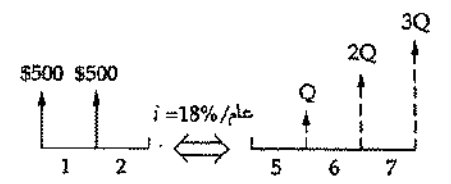


الشكل P3.60: العائد للمسألة 60.3

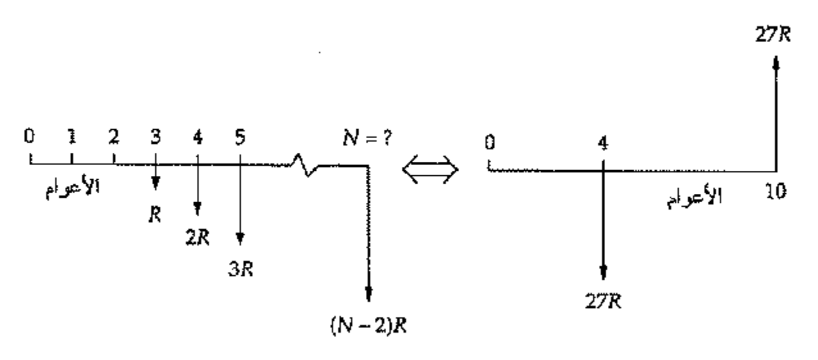
61.3 من المتوقع أن يكلف ضياع الحرارة عبر الجدران الخارجية لأحد مصانع معالجة الدواجن صاحب المصنع العام القادم $3,000. أخبرك بائع من شركة سوبر فايبر للعزل Super Fiber Insulation Inc أن بإمكانك بوصفك مهندس المصنع أن تخفض ضياع الحرارة بنسبة 80% بواسطة تركيب ألياف فائقة Superfiber تكلفتها الحالية $18,000. فإذا ارتفعت

قيمة تكلفة الضياع الحراري $200 سنوياً (تدرج gradient) بعد السنة التالية، ويخطط المالك لإبقاء المبنـــى الحالي مدة خمس عشرة سنة أخرى، فبماذا تنصح إذا كان معدل الفائدة 10% في السنة؟ (13.3)

62.3 جد القيمة المكافئة لــ Q في مخطط التدفق النقدي المرافق. (13.3)

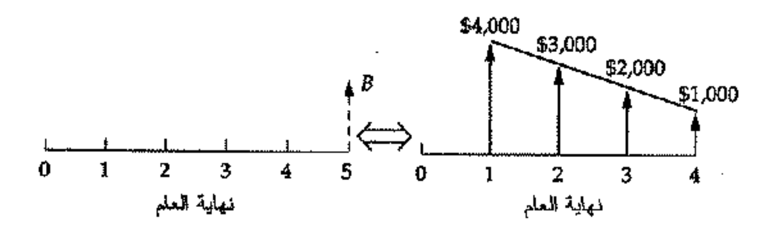


63.3 ما هي أقرب قيمة لــ N لجعل مخطط التدفق النقدي الأيسر في الشكل المرافق، (الشكل P3.63)، مكافئاً للمخطط الأيمن؟ لتكن $i = 15\%$ في السنة. استخدم في حلك مبلغاً ذا تدرج منتظم (G). (13.3)



الشكل **P3.63**: العائد للمسألة 63.3

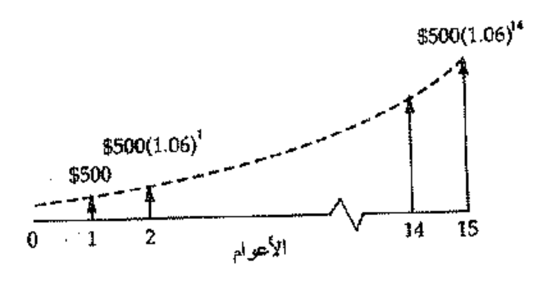
64.3 جد قيمة B في المخطط الأيسر (للشكل P3.64)، بحيث يصبح مخططاً التدفق النقدي متكافئان عند معدل فائدة $i = 10\%$ في السنة.



الشكل **P3.64**: العائد للمسألة 3.64

65.3 أنت مدير مصفاة كبيرة لتكرير النفط الخام. ومن ضمن عملية التكرير، لا بد من القيام سنوياً بتبديل أحد المبادلات الحرارية (يعمل بدرجة حرارة مرتفعة وبمادة أكالة تسيل خلاله). تبلغ تكلفة الاستبدال والتعطل (التوقف عن العمل) في العام الأول $175,000. ويتوقع أن تزداد هذه التكلفة بسبب التضخم بمعدل 8% سنوياً ولمدة خمسة أعوام، حيث لا تعود هناك حاجة لهذا المبادل الحراري بالذات. فإذا بلغت تكلفة الشركة من رأس المال 18% سنوياً، فكم بإمكانك أن تنفق لتحصل على مبادل حراري أفضل بحيث يمكن استبعاد نفقات الاستبدال والتعطيل هذه؟ (14.3)

66.3 يبين المخطط المرافق تسلسلاً هندسياً يزداد بمعدل $\bar{f} = 6\%$ في السنة و لمدة 15 عاماً. معدل الفائدة السنوية 12%. ما هي القيمة المكافئة الحالية لهذا التدرج؟ (14.3)



67.3 في تسلسل هندسي من التدفقات النقدية السنوية التـــي تبدأ عند السنة صفر، تبلغ قيمة A_0 1,304.35$ (وهو تدفق نقدي). قيمة الحد الأخير في التسلسل A_{10} 5,276.82$. ما هي القيمة المكافئة لـــ A من العام الأول وحتـــى العاشر؟ لتكن $i = 20\%$ سنوياً. (14.3)

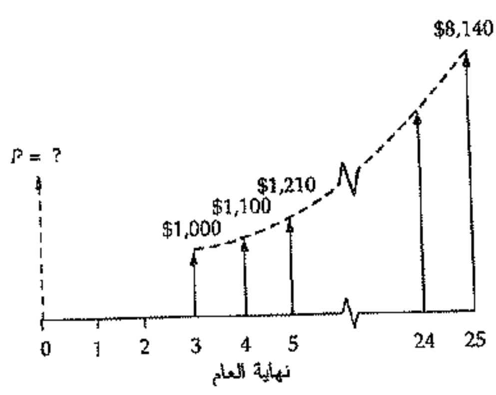
68.3 يتوفر جهاز إلكترونـــي بإمكانه تخفيض تكلفة العمالة لهذا العام بمقدار 10,000$. يتوقع أن يدوم عمل الجهاز مدة ثمانية أعوام. فإذا ازدادت تكلفة العمل بمعدل وسطي مقداره 7% سنوياً، وكانت الفائدة السنوية 12%،

آ. ما هو المبلغ الأعظمي الذي يمكننا تبرير إنفاقه على الجهاز؟

ب. ما قيمة المكافئ السنوي الحالي المنتظم (A) لتكاليف العمالة طوال مدة الثمانية أعوام.

ج. ما هو المبلغ السنوي للعام صفر (A_0) الذي يتضخم بمعدل7% سنوياً والمكافئ للجواب في الجزء (آ)؟ (14.3)

69.3 حدد المكافئ الحالي (في الزمن صفر) للتسلسل الهندسي المرافق من التدفقات النقدية. لتكن $i = 15.5\%$ في السنة، و $\bar{f} = 10\%$. (14.3).



70.3 أعد المسألة 69.3 عندما يبلغ التدفق النقدي في نهاية العام الثالث 8,140$، *وتنخفض* التدفقات النقدية منذ نهاية العام الرابع وحتـــى نهاية العام 25 بمعدل 10% في السنة (أي أن $\bar{f} = -10\%$ في السنة). (14.3)

71.3 في مخطط التدفق النقدي في (الشكل P3.71)، أوجد X بحيث يكون الإيراد النقدي في العام صفر مكافئاً للتدفقات النقدية الخارجة في العام الأول وحتـــى العام السادس. (14.3)

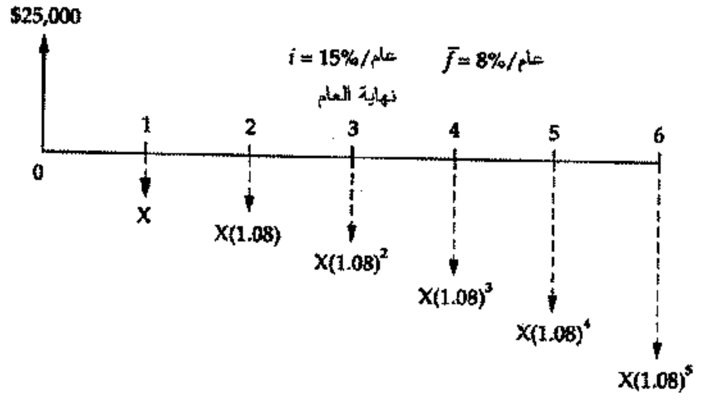
72.3 تدرج نهاية عام هندسي يدوم 10 أعوام، تبلغ قيمته الأولية في نهاية العام الثالث 5,000$، و $\bar{f} = 6.04\%$ في السنة منذ ذلك الحين فصاعداً. جد مبلغ التدرج المنتظم المكافئ the equivalent uniform gradient amount (G) طوال المدة نفسها (بدءاً من العام الأول وانتهاء بالعام 12) إذا كانت القيمة الأولية للتسلسل في نهاية العام الأول تساوي 4,000$. أجب عن الأسئلة التالية عند تحديد قيمة مبلغ التدرج G. معدل الفائدة الاسمي 8%، يركب نصف سنوياً. (13.3) و(14.3)

آ. ما هو i_{CR} ؟

ب. ما هو P_0 من للتدرج الهندسي؟

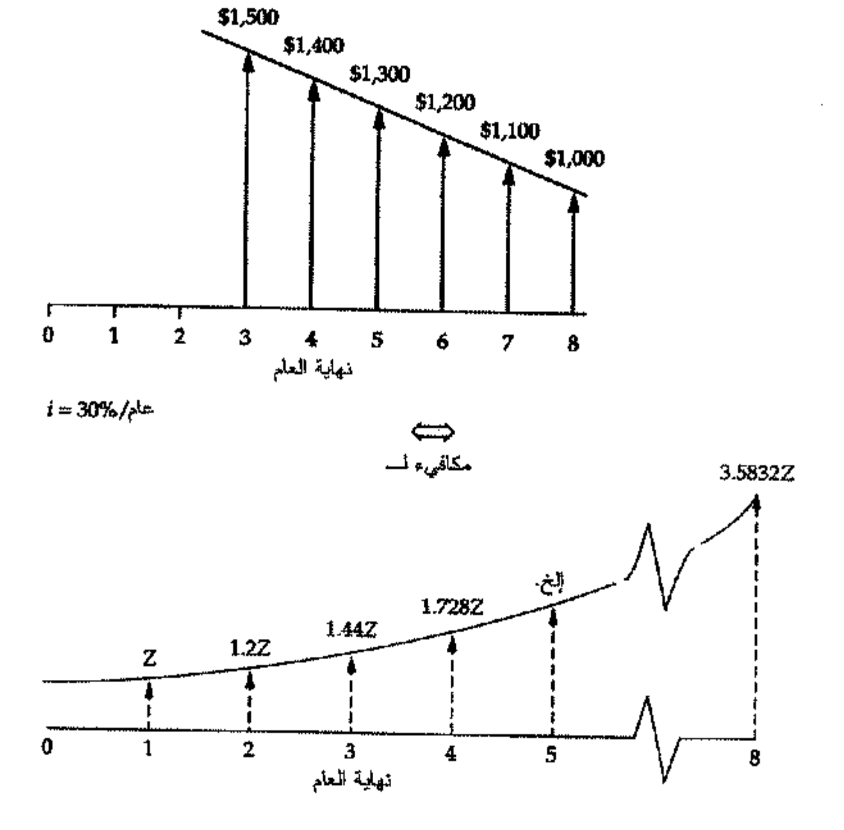
ج. ما هو P_0 للتدرج(الهندسي) المنتظم؟

د. ما قيمة G؟



الشكل **P3.71**: العائد للمسألة 71.3

73.3 ضع تعبيراً للمقدار المجهول Z في مخطط التدفق النقدي في (الشكل P3.73). (13.3) و(14.3)



الشكل **P3.73**: العائد للمسألة 73.3

74.3 يودع أحد الأشخاص ستة مبالغ مقدار كل منها $2,000 في حساب ادخار بفائدة 4% تركب سنوياً. بعد عامين من قيامه بآخر إيداع، تغير معدل الفائدة ليصبح 7% مركبة سنوياً. وبعد 12عاماً من الإيداع الأخير، سحب المال

المتراكم من الحساب. فكم مقدار المال المسحوب؟ (15.3)

75.3 احسب معدل الفائدة السنوية الفعلي في كل من الحالات التالية، (16.3):

آ. فائدة اسمية مقدارها 10% تركب نصف سنوياً.

ب. فائدة اسمية مقدارها 10% تركب فصلياً (ربع سنوي).

ج. فائدة اسمية مقدارها 10% تركب أسبوعياً.

76.3 تم القيام بستين إيداعاً شهرياً في حساب يدفع فائدة اسمية مقدارها 6% تركب شهرياً. فإذا كان الغرض من هذه الإيداعات أن يتراكم مبلغ $100,000 مع نهاية العام الخامس، فما مقدار كل إيداع؟ (17.3)

آ. $1,930 ب. $1,478 ج. $1,667

د. $1,430 هـ. $1,695

77.3

آ. ما مقدار التكلفة نصف السنوية الإضافية لخمسة أعوام التي قد تكون مبررة. لصيانة آلة ما بغية تفادي تكلفة إصلاح مقدارها $3,000 في نهاية الأعوام الخمسة؟ افترض فائدة اسمية مقدارها 8% تركب نصف سنوياً. (17.3)

ب. ما هي القيمة المكافئة السنوية لمبلغ $125,000 الآن عندما تركب شهرياً فائدة اسمية مقدارها 12% سنوياً؟ ليكن $N = 10$ أعوام. (17.3)

78.3

آ. ما مقدار الدفعات الشهرية المتساوية التي تسدد قرضا أصلياً قيمته $10,000 خلال ستة أشهر وبمعدل فائدة اسمي 6% تركب شهرياً؟ ما هو معدل الفائدة السنوي الفعلي؟ (17.3)

ب. ما المعدل الربعي الفعلي للفائدة في الجزء (آ)؟ (18.3)

79.3 حدد المبلغ الحالي الذي يجب أن يستثمر بفائدة اسمية 12% تركب شهرياً، بغية توفير أقساط سنوية بقيمة $10,000 ولمدة ستة أعوام، تبدأ بعد 12 عاماً من هذا التاريخ. يبقى معدل الفائدة ثابتاً طوال هذه المدة. (17.3)

80.3 جد قيمة المكافئ الحالي لسلاسل الدفعات التالية: $100 في نهاية كل شهر وطوال 72 شهراً، بمعدل فائدة اسمي مقداره 15% تركب شهرياً. (17.3)

81.3 حدد قيمة المكافئ الحالي لمبلغ $5,000 يدفع كل ثلاثة أشهر على مدى سبعة أعوام في كل من الحالات التالية: (18.3)

آ. معدل الفائدة الاسمي 12% تركب سنوياً.

ب. معدل الفائدة الاسمي 12% تركب كل ثلاثة أشهر.

ج. معدل الفائدة الاسمي 12% تركب أسبوعياً.

82.3 افترض أنك اقترضت تواً $7,500 بفائدة اسمية 12% تركب فصلياً (كل ثلاثة أشهر). ما هو المبلغ المحمل، المبلغ المركب الذي عليك دفعه في نهاية مدة القرض البالغة 10 أعوام؟ (17.3)

83.3 كم عدد الإيداعات التي عليك القيام بها والتي يبلغ كل منها $100، إذا كنت ترغب في تجميع مبلغ $3,350 بهدف شراء جهاز تسلية منزلي جديد؟ يعود عليك حساب الادخار بفائدة اسمية قدرها 9% تركب شهرياً. (17.3)

84.3 استخدمت بطاقة اعتمادك لشراء إطارات سيارة بمبلغ 340$. ولما كنت غير قادر على تجهيز دفعات لمدة 11 شهراً، فقد كتبت رسالة اعتذار وضمّنتها شيكاً لدفع فاتورتك بكاملها. معدل الفائدة الاسمي الذي تفرضه الشركة على بطاقة الاعتماد 16.5% تركب شهرياً. بأي مبلغ عليك تحرير الشيك؟ (17.3)

85.3 ما الوقت اللازم لمبلغ ما كي يتضاعف إذا كان المال مستثمراً بفائدة اسمية قدرها 12%، تركب شهرياً؟ (17.3)

86.3 ما المبلغ المتبقي من رأس المال الأساسي بعد القيام بـــ 20 دفعة شهرية على قرض قيمته $20,000 ومدته خمسة أعوام؟ معدل الفائدة السنوي الاسمي 12% تركب شهرياً؟

آ. $10,224 ب. $13,333 ج. $14,579

د. $16,073 هـــ. $17,094

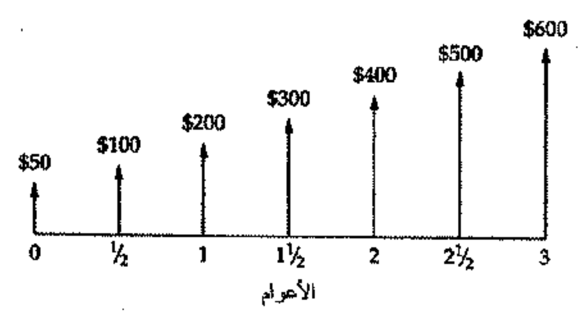
87.3

آ. أعلنت إحدى مؤسسات الادخار والإقراض بأنها تدفع فائدة اسمية سنوية مقدارها 8% تركب كل ثلاثة أشهر. ما هو المعدل *الفعلي* للفائدة في السنة؟ إذا وضعت الآن في حسابك مبلغ $5,000 وتخطط لسحبه بعد ثلاثة أعوام، فكم تبلغ قيمة حسابك عندئذ؟ (17.3)

ب. إذا قررت عوضاً عن ذلك إيداع مبلغ $800 كل عام ولمدة ثلاثة أعوام، فما مقدار المبلغ الذي يمكن سحبه في نهاية العام الثالث؟ افترض أنك قررت عوضاً عن ذلك إيداع مبلغ $400 كل ستة أشهر ولمدة ثلاثة أعوام. فما مقدار المبلغ المتراكم عندئذ؟ (18.3)

88.3 حدد معدل الفائدة السنوي الفعلي i بـــ 26.82% (على أساس تركيب شهري). احسب مقدار الإنفاق الممكن الآن لتفادي نفقات مستقبلية مترتبة على صيانة البرمجيات الحاسوبية قيمتها $1,000 *كل ثلاثة أشهر*، خلال السنوات الخمس القادمة. (18.3)

89.3 إذا كان معدل الفائدة الاسمية 8% وكان التركيب نصف سنوي، فما قيمة المكافئ الحالي للمبالغ المستلمة receipts في المخطط التالي؟ (13.3) و(17.3)



90.3 ما مقدار الدفعة الشهرية لسداد قرض يبلغ $15,000 لمدة خمسة أعوام، بفائدة اسمية تبلغ 9% تركب شهرياً؟ (17.3)

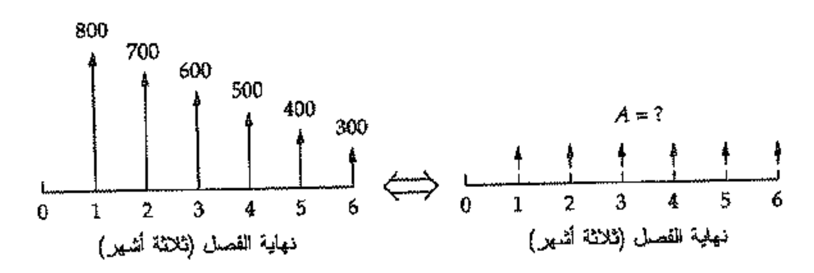
آ. $214 ب. $250 ج. $312

د. $324 هـــ. $381

91.3 تقرر أن يكون المعدل الفعلي للفائدة السنوية 19.2%. ما معدل الفائدة الاسمية في العام r، إذا استخدم التركيب المستمر؟ (19.3)

92.3 حد قيمة A التـــي تكافئ التدرج المنتظم الذي يظهر في (الشكل P3.92)، إذا كان المعدل السنوي للفائدة الاسمية

10%تركب شهرياً. (13.3) و(18.3)



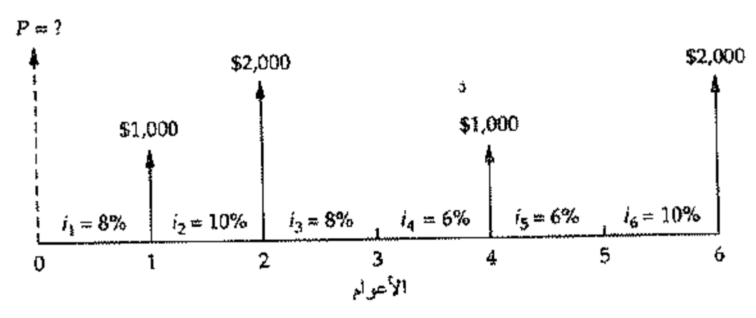
الشكل P3.92: العائد للمسألة 92.3

93.3 بافتراض أن لديك شهادة استثمار money market certificate تعود عليك بفائدة سنوية تتغير مع الزمن على النحو التالي:

العام k	1	2	3	4	5
i_k	%14	%12	%10	%10	%12

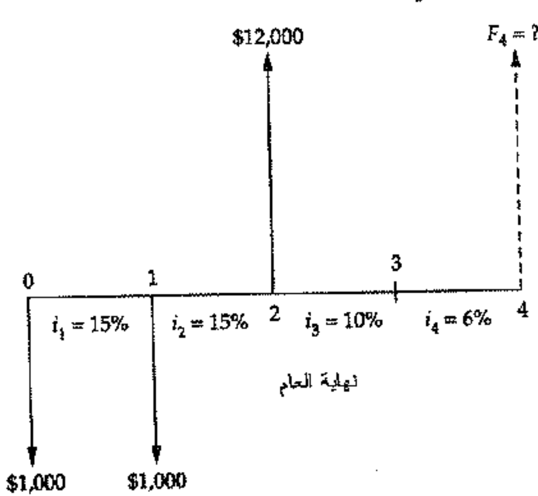
فإذا استثمرت في هذه الشهادة مبلغ $10,000 في بداية العام الأول ولم تضف إليه أو تسحب منه أي مبلغ طوال خمسة أعوام، فما قيمة السند في نهاية العام الخامس؟ (15.3)

94.3 حدد قيمة المكافئ الحالي لمخطط التدفق النقدي الذي يظهر في (الشكل P3.94) عندما يتبدل معدل الفائدة السنوي i_k كما هو مبين. (15.3)



الشكل P3.94: العائد للمسألة 94.3

95.3 ما قيمة F_4 في مخطط التدفق النقدي التالي؟ (15.3)



96.3 اذكر فيما إذا كانت كل من المقولات التالية صحيحة (ص) أو خاطئة (خ). (كل الأقسام)

آ. الفائدة هي المال الذي يدفع لقاء استخدام رأس مال الأسهم equity capital.

ب. $(A / F, i\% , N) = (A / P, i\%, N) + i$.

ج. الفائدة البسيطة تتجاهل مبدأ القيمة الزمنية للمال.

د. مخططات التدفق النقدي مشابهة لمخططات الجسم الحر في مسائل الميكانيك.

هـ. بعد عشرة أعوام من هذا التاريخ، $1,791 تكافئ $900 الآن، إذا كان معدل الفائدة يساوي 8% في السنة.

و. صحيح دوماً أن $i > r$ عندما تكون $M \geq 2$.

ز. بافتراض أن مبلغاً مجملاً قدره $1,000 يستثمر بفائدة قدرها $\underline{r}$ = 10% لمدة ثمانية أعوام. المكافئ المستقبلي أكبر للتركيب اليومي مما هو عليه للتركيب المستمر.

ح. في حالة مبلغ ثابت مقداره F دولار يستلم في نهاية العام N، يزداد المكافئ A مع ازدياد معدل الفائدة.

ط. في حالة قيمة محددة لـ F في نهاية العام N، يصبح P في الزمن صفر أكبر في حال كون $\underline{r}$ = 10% منه عندما تكون r = 10% في السنة، تركب شهرياً.

97.3 إذا ركبت فائدة اسمية مقدارها 8% بصورة مستمرة، حدد المقدار المجهول في كل من الحالات التالية: (19.3)

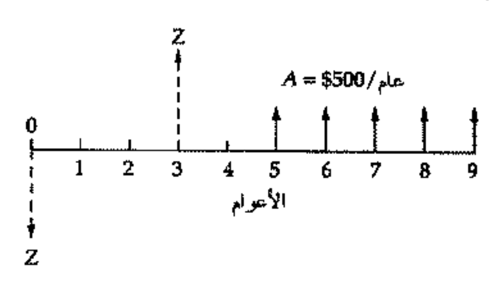
آ. ما مبلغ نهاية العام المنتظم مدة عشرة أعوام المكافئ لـ $8,000 في نهاية العام العاشر؟

ب. ما قيمة المكافئ الحالي لمبلغ $1,000 في السنة لمدة 12 عام؟

ج. ما المكافئ المستقبلي في نهاية العام السادس لدفعات بقيمة $243 تسدد كل ستة أشهر خلال الأعوام الستة؟ تقع الدفعة الأولى بعد ستة أشهر من هذا التاريخ، وتكون الدفعة الأخيرة في نهاية العام السادس.

د. جد المبلغ المجمل المكافئ في نهاية العام التاسع حين يكون $P_0 = \$1,000$، وتكون الفائدة 8% مركبة باستمرار.

98.3 جد قيمة المقدار المجهول Z في المخطط التالي، بحيث يساوي التدفق النقدي الخارج المكافئ التدفقات النقدية الداخلة المكافئة عندما تكون $\underline{r}$ = 20% وتركب باستمرار. (19.3)

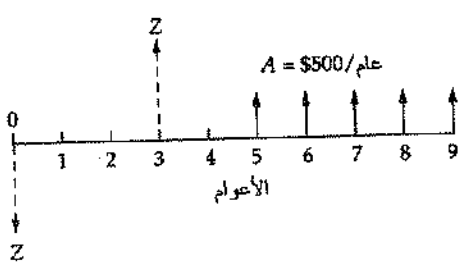


99.3 أودع أحد الأشخاص مبلغ $10,000 في حساب ادخار عندما ولد ابنه. كان المعدل الاسمي للفائدة 8% في السنة، تركب باستمرار. وفي الذكرى الثامنة عشرة لميلاد الابن، سحب المبلغ المتراكم من الحساب. ما مقدار هذا المبلغ المتراكم؟ (19.3)

100.3 جد قيمة P في مخطط التدفق النقدي الوارد في (الشكل P3.100). (19.3)

101.3 عرض عليك عمك الغنـــي تواً أن يجعل منك شخصاً ثرياً! فهو سيعطيك دولاراً واحداً مقابل كل دولار تدخره في حساب مصرفي مؤمن وبفائدة مركبة باستمرار طوال الأعوام العشرة القادمة. ولأن دخلك المتواضع يسمح لك بادخار $3,000 في السنة على مدى السنوات العشر القادمة، فإن عمك سيكون على استعداد لإعطائك $30,000 في

نهاية العام العاشر. فإذا كنت ترغب بالحصول على *مبلغ إجمالي* قدره $75,000 بعد عشرة أعوام من هذا التاريخ، ما معدل الفائدة السنوية التـــي عليك أن تحصل عليها من حساب توفيرك المؤمن حتـــى تجعل من تحقيق هدفك أمراً ممكناً؟ (19.3)



الشكل P3.100: العائد للمسألة 100.3

102.3 يحتاج أحد الأشخاص لمبلغ $18,000 فوراً كسلفة لشراء منـــزل جديد. بفرض أن بإمكانه اقتراض هذا المبلغ من مكتب التسليف التابع للشركة التـــي يعمل بها، سيكون عليه عندئذ أن يسدد القرض على أقساط متساوية كل ستة أشهر طوال الـــ 12 عاماً القادمة. الفائدة السنوية المفروضة تساوي 10% وتركب باستمرار. ما مقدار كل دفعة؟ (19.3)

103.3

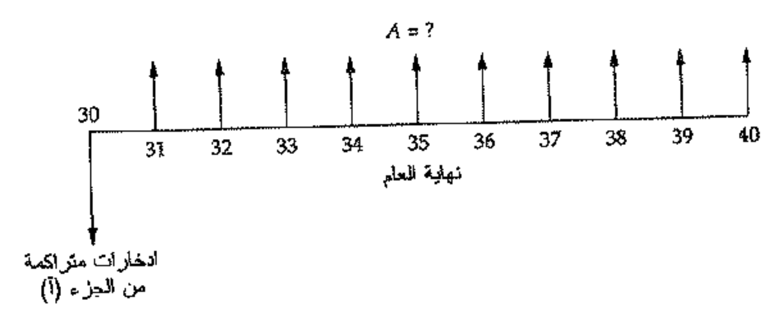
آ. ما المكافئ الحالي لسلسلة منتظمة من دفعات سنوية تبلغ كل منها $3,500 لمدة خمسة أعوام، إذا كان معدل الفائدة المركبة باستمرار 10%؟ (19.3)

ب. يستثمر مبلغ 7,000 في شهادة إيداع (Certificate of Deposit, CD)، وستبلغ قيمته في غضون تسعة أعوام $16,000. فما هو معدل الفائدة الاسمية (السنوية) المركبة باستمرار لهذه الشهادة؟ (19.3)

104.3

آ. يستعد العديد من الأشخاص للتقاعد بدفع مبالغ شهرية لبرنامج ادخار. بفرض أن مبلغاً قدره $2,000 يوضع جانباً كل عام ويستثمر في حساب ادخار بفائدة سنوية 10%، تركب باستمرار. حدد المبلغ المدخر المتراكم في هذا الحساب في نهاية العام 30.

ب. لنفترض في الجزء (آ) من المسألة، أن قسطاً سنوياً سيسحب من حساب الادخار المتراكم في نهاية العام 30. ستستمر هذه الأقساط منذ نهاية العام 31 وحتـــى نهاية العام 40. فما قيمة هذا القسط السنوي إذا لم يتغير لا معدل الفائدة ولا وتيرة التركيب المذكورين في (آ)؟ عد إلى (الشكل P3.104). (19.3)



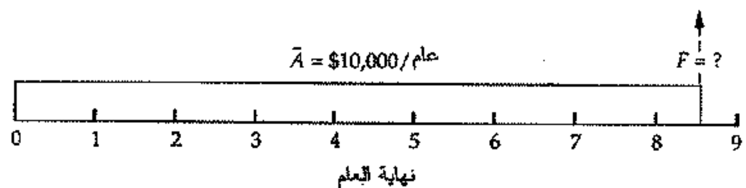
الشكل P3.104: العائد للمسألة 104.3

105.3

آ. ما المكافئ المستقبلي لتدفق مستمر للمال يصل إلى $10,500 في السنة، عندما تكون $\underline{r}$ = 20% و$M = \infty$ وN = 12 yrs؟

ب. إذا كان معدل الفائدة الاسمية 10% في السنة، وكانت الفائدة تركب باستمرار، فما المكافئ المستقبلي لـ 10,000 في السنة تتدفق باستمرار لمدة 8.5 عام؟ انظر مخطط التدفق النقدي في (الشكل P3.105).

ج. ليكن $\overline{A}$ = 7,859 في السنة و$\underline{r}$ = 20% و$M = \infty$، ما عدد السنين التي نحتاجها كي يصل المبلغ في هذا الحساب إلى 1 مليون دولار؟ (20.3)



الشكل P3.105: العائد للمسألة 105.3

106.3 كم سنة على استثمار قدره $63,000 أن يوفر تدفقاً نقدياً مستمراً بمعدل $16,000 في السنة، بحيث يكسب معدل فائدة اسمية قدره 10% مركبة باستمرار؟ (20.3)

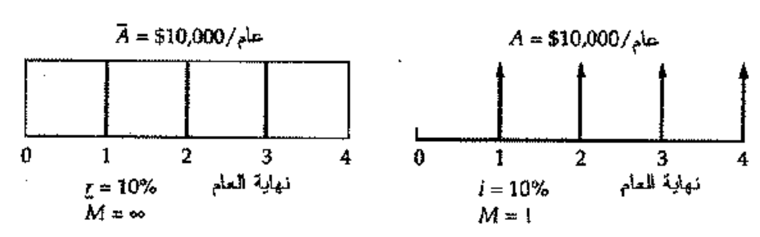
107.3 ما المكافئ الحالي لحالات التدفق المالي المستمرة التالية؟

آ. $1,000,000 في السنة لمدة أربعة أعوام، بمعدل فائدة 10% تركب باستمرار.

ب. $6,000 في السنة لمدة 10 أعوام، بفائدة 8% تركب سنوياً.

ج. $500 كل ثلاثة أشهر ولمدة 6.75 عام، بفائدة 20% تركب باستمرار. (20.3)

108.3 ما الفرق في المكافئات الحالية لمخطط التدفق النقدي المبين في (الشكل P3.105) وذاك العائد للمسألة 105.3؟ (20.3).



الشكل P3.108: العائد للمسألة 108.3

109.3 حدد فيما إذا كانت كل واحدة من المقولات التالية صحيحة (ص) أم خاطئة (خ) واملأ الفراغ في الجزء "و" (19.3) و(20.3)

آ. يكون معدل الفائدة الاسمية دوماً أقل من معدل الفائدة الفعلية، عندما تكون r = 10% و$M = \infty$.

ب. ينطوي قرض ما على دفعات شهرية قيمة كل منها $185 طوال فترة 24 شهراً. فإذا كانت $\underline{r}$ = 10% في السنة، فإن أكثر من نصف رأس المال الأساسي ما يزال مستحقاً على القرض بعد دفع القسط الشهري العاشر.

ج. بعد عشرة أعوام من هذا التاريخ، $1,791 تكافئ $900 الآن، إذا كان معدل الفائدة الاسمية 8% تركب نصف

سنوياً.

د. إذا أضيفت i (معبّراً عنها بكسر عشري) إلى عامل استرجاع رأس المال للسلسلة series capital-recovery factor، فإننا نحصل على عامل مال السداد للسلسلة series sinking-fund factor.

هـ. إن العامل $(P / A, \%i , N)$ يساوي $N \cdot (P / F, \%i , 1)$.

و. أملأ عامل الفائدة المفقود:

i. $(P / A, i\%, N)$ (______) = $(F/A, i\%, N)$

ii. $(A / G, i\%, N)$ $(P / A, i\%, N)$ = (______).

الجزء الثاني

مواضيع أساسية في الاقتصاد الهندسي

إن الاختبار النهائي لأي نظام هو: هل هو مربح؟

شهادة فريدريك تيلر أمام اللجنة الخاصة لمجلس النواب الأمريكي (25 كانون الثاني 1912).

تطبيقات علاقات المال بالوقت

الهدفان الرئيسان لهذا الفصل هما (1) توضيح عدة طرائق أساسية للقيام بدراسات الاقتصاد الهندسي مع الأخذ بالحسبان القيمة الزمنية للمال، و(2) إعطاء وصف سريع للفرضيات الأساسية والعلاقات المتبادلة بين تلك الطرائق...

نبحث في هذا الفصل المواضيع التالية:

تحديد معدل العائد الجذاب الأدنى

طريقة القيمة الحالية

طريقة القيمة المستقبلية

طريقة القيمة السنوية

طريقة المعدل الداخلي للعائد

طريقة المعدل الخارجي للعائد

طريقة فترة التسديد (الإنفاق)

مخططات رصيد الاستثمار

1.4 مقدمة

على كل دراسات الاقتصاد الهندسي التي تتناول مشاريع رأس المال أن تضع في حسبانها العائد الذي سيعطيه المشروع أو الذي يجب عليه إعطاؤه. يطرح هذا الكتاب سؤالاً أساسياً عما إذا كان بالإمكان استرداد استثمار رأس مال مقترح والنفقات ذات الصلة به عن طريق الإيراد (أو الادخار) مع الوقت، *إضافة إلى* عائد على رأس المال يكون جذاباً بما فيه الكفاية بالنظر إلى المخاطر التي ينطوي عليها وإلى استخدامات البدائل الممكنة. إن الفائدة وعلاقات المال بالوقت التي ناقشناها في الفصل الثالث تظهر للعيان كمكوّنات أساسية للإجابة على هذا السؤال، وهي تطبق في هذا الفصل على أنواع متعددة ومتنوعة من المسائل.

وحيث إن نماذج استثمار رأس المال والتدفقات النقدية الواردة (أو الإدخارات) والتدفقات النقدية المنفقة يمكن أن تكون شديدة الاختلاف في مشاريع عدة، فليس هناك طريقة واحدة لإجراء تحليلات الاقتصاد الهندسي تكون مثالية لكل الحالات. ومن ثم فهناك عدة طرائق شائعة الاستخدام.

نركز اهتمامنا في هذا الفصل على الاستخدام الصحيح لخمس طرائق تُستخدم في تقويم الربحية الاقتصادية لحل وحيد مقترح لمسألة ما (أي *بديل*)[1]. في الفصل 5 سنقوم بتقويم عدة بدائل. الطرائق الخمس التي نشرحها في الفصل 4 هي: القيمة الحالية (PW) والقيمة المستقبلية (FW) والقيمة السنوية (AW) المعدل الداخلي للعائد (IRR) والمعدل الخارجي

[1] نبحث في الفصل 11 تحليل المشاريع الهندسية الذي يستخدم طريقة نسبة الربح إلى التكلفة.

القيمة الحالية (PW) والقيمة المستقبلية (FW) والقيمة السنوية (AW) المعدل الداخلي للعائد (IRR) والمعدل الخارجي للعائد (ERR). تحوِّل الطرائق الثلاث الأولى التدفقات النقدية الناتجة عن حل مقترح لمسألة ما إلى قيمتها المكافئة عند نقطة ما (أو نقاط) من الزمن باستخدام معدل فائدة يعرف بـــ "*معدل العائد الجذاب الأدنـــى*" (*Minimum* MARR) (*Attractive Rate of Return,*). نبحث في الفقرة التالية في مفهوم معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR وكذلك في تحديد قيمته. تنتج طريقتا المعدل الداخلي (IRR) للعائد والمعدل الخارجي للعائد (ERR) معدلات ربح سنوية، أو عائدات، ناتجة عن الاستثمار، وتقارن عندئذ بمعدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR.

نبحث كذلك في هذا الفصل وبإيجاز مدة السداد. إن مدة السداد هي مقياس *للسرعة* التـــي يسترد بها استثمار ما بواسطة التدفقات النقدية الداخلة التـــي ينتجها. يتجاهل هذا المقياس بوضعه الذي هو أكثر شيوعاً مبادئ القيمة الزمنية للمال. لذا غالباً ما تستخدم طريقة السداد لتكميل المعلومات التـــي تنتجها الطرائق الأولية الخمس التـــي نعرضها في هذا الفصل. هناك مقياس آخر للسيولة يوفره مخطط رصيد الاستثمار ونشرحه في الفقرة 9.4.

ما لم يرد خلاف ذلك، فإننا نستخدم في هذا الفصل وفي الفصول التـــي تليه مصطلح تدفق نهاية الفترة النقدي والتركيب المتقطع للفائدة. وغالباً ما نستخدم في القسم المتبقي من الكتاب أفق تخطيط أو مدة دراسة (تحليل) لعدد معين من مدد التركيب N (وغالباً ما تقاس بالسنين) لتقويم الاستثمارات المستقبلية.

2.4 تحديد معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR

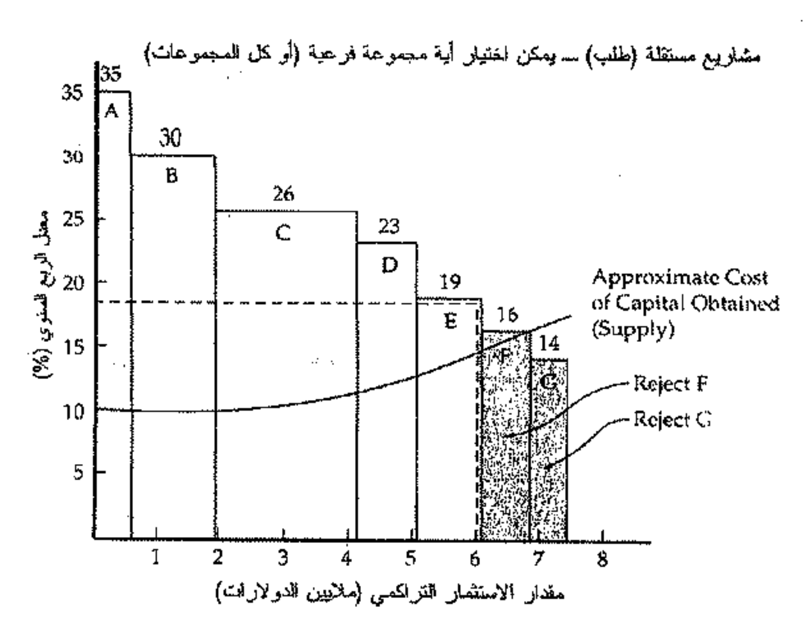
غالباً ما يكون معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR قضية سياسة تقرر من قبل الإدارة العليا لمؤسسة ما آخذة بالحسبان عدة اعتبارات، منها ما يلي:

1. مقدار المال المتوفر للاستثمار، ومصدر وتكلفة هذه الأموال (أي من حيث كونها أموال أسهم عادية أو أموال مقترضة).
2. عدد المشاريع الجيدة المتاحة للاستثمار وهدفها (أي تبقي على العمليات الحالية وهي *ضرورية*، أو توسع العمليات القائمة وهي *اختيارية*).
3. مقدار المجازفة المرتبطة بفرص الاستثمار المتوفرة للشركة، والتكلفة التقديرية لإدارة المشاريع لمدد تخطيط قصيرة مقابل مدد تخطيط طويلة.
4. نوع المؤسسة أو المنظمة ذات الصلة (حكومية، أو مرفق عام، أو شركة صناعية تنافسية).

نظرياً، لابد من اختيار الـــ MARR الذي يطلق عليه أحيانا اسم "*معدل العقبة*" hurdle rate لتحسين الوضع الاقتصادي للمؤسسة إلى الحد الأقصى، تبعاً للاعتبارات التـــي ذكرناها آنفاً. أما كيف تحقق شركة فردية هذا الأمر في الواقع، فهذا ما لا يمكن الجزم به، وهو أمر غالباً ما يكون مدار نقاش. إحدى الطرق الشائعة للقيام بالـــ MARR تقوم على وجهة نظر *تكلفة الفرصة البديلة* التـــي شرحناها في الفصل 2، وتنتج عن ظاهرة *تقنين رأس المال* *Capital Rationing*. وضمن غايات هذا الفصل نقول إنه يكون هناك "تقنين لرأس المال" عندما تقرر الإدارة الحد من المقدار الإجمالي لرأس المال المستثمر. وقد تظهر هذه الحالة عندما لا يكون مقدار رأس المال المتوفر كافياً لتمويل كافة فرص

الاستثمار القيمة المتاحة.

يُظهر (الشكل 1.4) مثالاً بسيطاً لتقنين رأس المال، حيث ترسم بيانياً احتياجات الاستثمار التراكمية لسبعة مشاريع مقبولة مقابل المعدل السنوي المتوقع (المستقبلي) لأرباح كل واحد منها. ويُظهر (الشكل 1.4) حداً لرأس المال المتوفر مقداره ستة ملايين دولار. ونظراً لهذا التحديد (العجز)، فإن آخر مشروع ممول يمكن أن يكون *E* بمعدل ربح متوقع قدره 19% سنوياً، وأفضل مشروع مرفوض هو *F*. في هذه الحالة، يكون MARR وفق مبدأ تكلفة الفرصـــة البديلة 16% سنوياً. ولكن لما كانت الشركة غير قادرة على الاستثمار في المشروع *F*، فيفترض أنها ستفقد فرصة الحصول على عائد سنوي قدره 16%. وحيث إن مقدار رأس مال الاستثمار والفرص المتاحة يتغير مع الوقت، فإن معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR يتغير أيضاً.



الشكل 1.4: تحديد معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR اعتماداً على وجهة نظر تكلفة الفرصة البديلة. المقياس الشائع لمعدل الربح السنوي هو "المعدل الداخلي للعائد". (سيبحث لاحقاً في هذا الفصل)

ويركب على (الشكل 1.4) التكلفة التقديرية للحصول على مبلغ ستة ملايين دولار، ويعبر عن كون المشروع *E* مقبولاً ما دام معدل ربحه السنوي يتجاوز تكلفة جمع المليون دولار الأخيرة. وكما يظهر في (الشكل 1.4)، ستميل تكلفة رأس المال إلى الازدياد تدريجياً مع ازدياد كمية الأموال المكتسبة من الاقتراض المتزايد (الدين) أو من الإصدارات الجديدة لأسهم عامة. ملاحظة أخيرة ذات صلة (بالشكل 1.4)، وهي أن الإدارة قررت بأن المجازفة المتصلة بتمويل وتعهد المشاريع السبعة، هي مجازفة مقبولة.

المثال 1-4

انظر إلى الجدول الزمنـــي التالي الذي يظهر معدلات الربح السنوية المتوقعة لحافظة الأوراق المالية العائـــدة لإحـــدى الشركات من مشاريع استثمار رأس المال (هذا هو *الطلب* على رأس المال):

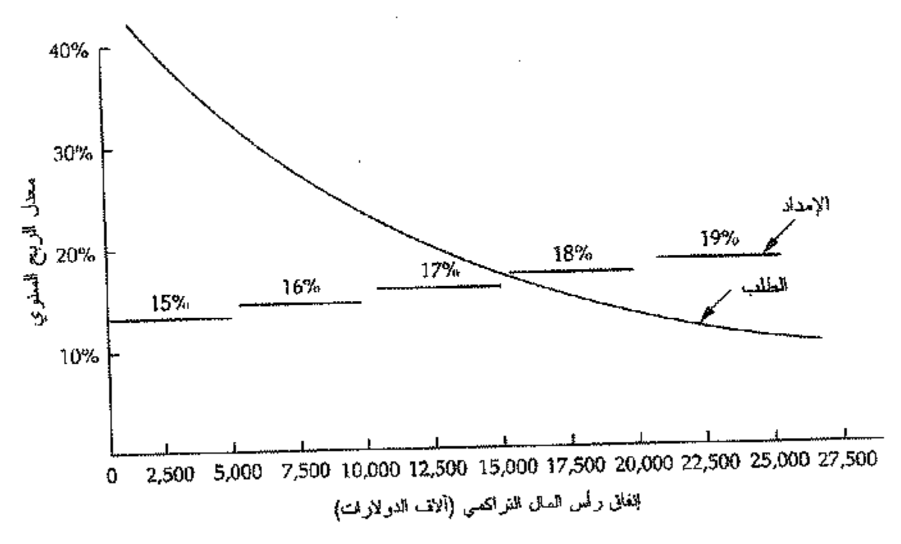
معدل الربح السنوي المتوقع	متطلبات الاستثمار (آلاف الدولارات)	الاستثمار التراكمي
40% فما فوق	$2,200	$2,200
30 – 39,9%	3,400	5,600
20 – 29,9%	6,800	12,400
10 – 19,9%	14,200	26,600
أقل من 10%	22,800	49,400

ملاحظة: كل المشاريع التـي تحقق معدل ربح مقداره 10% فأكثر هي مشاريع مقبولة.

إذا كان الإمداد برأس المال الذي نحصل عليه من مصادر داخلية وخارجية له كلفة مقدارها 15% في السنة لأول $5,000,000 مستثمرة، ثم تزداد بعد ذلك بنسبة 1% لكل $5,000,000، فما هو معدل العائد الجذاب الأدنـى MARR لهذه الشركة عندما تستخدم وجهة نظر تكلفة الفرصة البديلة؟

الحل:

يمكن أن نرســم بيانياً الطلب التراكمي على رأس المال مقابل العرض بتبعية معدل الربح الســنوي المتوقع، كما يبين (الشكل 2.4). إن نقطة التقاطع هي تقريباً 18% سنوياً، وهي تقدير واقعي لمعدل العائد الجذاب الأدنـى MARR لهذه الشركة عندما تستخدم وجهة نظر تكلفة الفرصة البديلة.



الشكل 2.4: التمثيل البيانـي لحل مسألة المثال 4-1

3.4 طريقة القيمة الحالية

تقوم طريقة *القيمة الحالية* PW على أساس مفهوم القيمة المكافئة لكل التدفقات النقدية العائدة نسبة لأساس ما أو لنقطة بداية زمنية ما تدعى الحاضر. وهذا يعنـي أن كل التدفقات النقدية الداخلة والخارجة تخفض إلى النقطة الزمنية الحاضرة وبمعدل فائدة هو غالباً معدل العائد الجذاب الأدنـى MARR.

إن القيمة الحالية لبديل استثماري هي قياس مقدار الأموال التـي يمكن لفرد أو لشركة أن تدفعها من أجل الاستثمار زيادة على تكلفته. أو بتعبير آخر، إن القيمة الحالية الإيجابية لمشروع استثماري ما هي إلا مقدار الربح بالدولارات زيادة

على الحد الأدنـــى للمقدار الذي يطلبه المستثمرون. وقد افترض أن المال الذي يولد من البديل متوفر لاستخدامات أخرى تجنـــي فائدة بمعدل يساوي معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR.

لإيجاد القيمة الحالية PW بدلالة i % (لمدة الفائدة الواحدة) لسلسلة من التدفقات النقدية الداخلة والخارجة، من الضروري بمكان حسم المبالغ المستقبلية إلى الحاضر باستخدام معدل الفائدة خلال مدة الدراسة المناسبة (لسنوات مثلاً) بالطريقة التالية:

$$PW(i\%) = F_0(1+i)^0 + F_1(1+i)^{-1} + F_2(1+i)^{-2} + \dots$$
$$+ F_k(1+i)^{-k} + \dots + F_N(1+i)^{-N}$$
$$= \sum_{k=0}^{N} F_k (1+i)^{-k} \qquad (1.4)$$

حيث i = معدل الفائدة الفعلي، أو MARR لمدة التركيب،

k = مؤشر لكل مدة تركيب ($0 \le k \le N$)،

F_k = التدفق النقدي المستقبلي في نهاية المدة k،

N = عدد مدد التركيب في أفق التخطيط (أي مدة الدراسة).

تقوم العلاقة المعطاة في المعادلة (1.4) على افتراض *معدل فائدة ثابت* خلال حياة مشروع معين. فإذا افترض أن معدل الفائدة سيتغير، فيجب آنذاك حساب القيمة الحالية PW على مرحلتين أو ثلاث مراحل، كما هو موضح في الفصل 3.

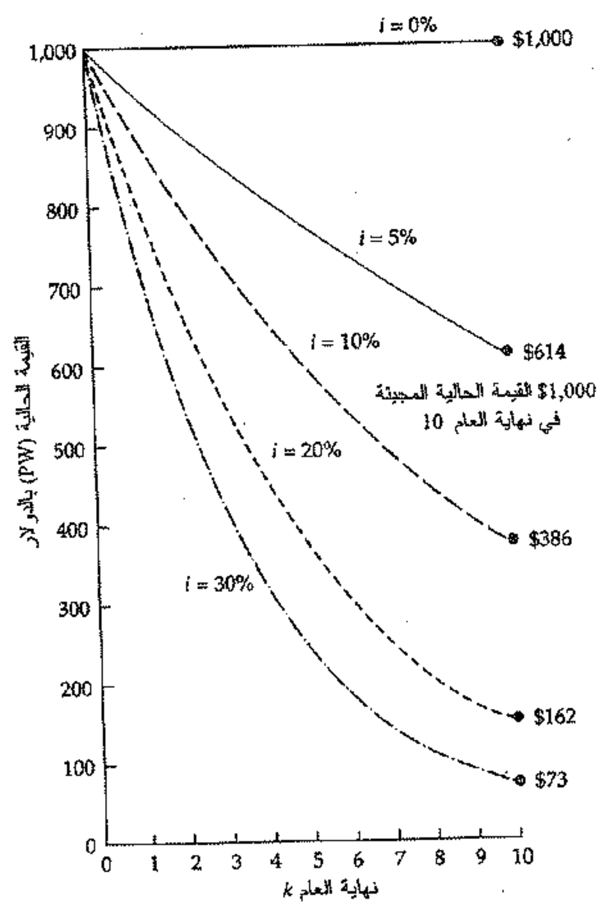
كلما ارتفع معدل الفائدة وكلما وقع تدفق نقدي على مدى أبعد في المستقبل، انخفضت قيمته الحالية. تمثل هذه العلاقة بيانياً في (الشكل 3.4). وما دامت القيمة الحالية PW (أي المكافئ الحالي للتدفقات النقدية الداخلة مطروح منها التدفقات النقدية الخارجة) أكبر من أو تساوي الصفر، فإن المشروع مبرر من الناحية الاقتصادية، وإلاّ فإنه غير مقبول.

المثال 4-2

يمكن توظيف استثمار بقيمة 10,000$ في مشروع ينتج عائداً سنوياً منتظماً قدره 5,310$ لمدة خمسة أعوام، وتكون عندئذ قيمته السوقية (القيمة المستخلصة) *salvage value* 2,000$. ستكون النفقات السنوية 3,000$ كل عام. الشركة على استعداد لقبول أي مشروع يأتـــي بعائد سنوي مقداره 10% أو أكثر، على رأس المال المستثمر كله. بيّن إن كان هذا استثماراً مرغوباً فيه، باستخدام طريقة القيمة الحالية PW.

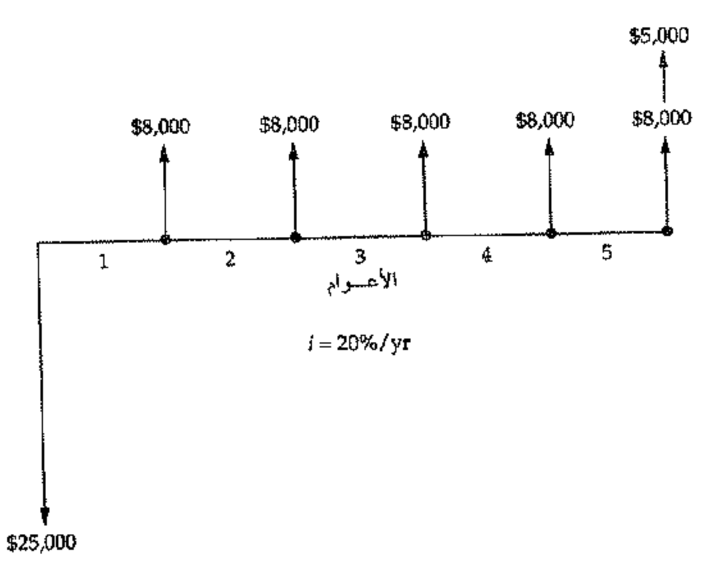
الحل

	القيمة الحالية PW	
	التدفقات النقدية الخارجة	التدفقات النقدية الداخلة
الإيراد السنوي: $5,310(*P/A*, 10%, 5)		$20,129
القيمة السوقية(القيمة المستخلصة): $2,000(P/F, 10%, 5)		1,242
الاستثمار	$10,000	
النفقات السنوية: $3,000(*P/A*, 10%, 5)	11,372	
الإجمالي	$21,372	$21,371
القيمة الحالية الإجمالية PW		$0



الشكل 3.4: القيمة الحالية PW لمبلغ $1,000 المستلم في نهاية العام k بمعدل فائدة i% في العام

وحيث إن القيمة الحالية الإجمالية $0 ≃ PW (10%) فإن المشروع يكاد يكون مقبولاً.



الشكل 4.4: مخطط التدفق النقدي للمثال 4-3

المثال 4-3

اقترح المهندسون قطعة تجهيزات جديدة لزيادة إنتاجية نوع من عمليات اللحام اليدوي. تبلغ تكلفة الاستثمار$25,000

وستبلغ القيمة السوقية لقطعة التجهيزات $5,000 في نهاية فترة دراسة مدتها خمس سنوات. ستبلغ قيمة الإنتاجية المتزايدة بفضل هذه القطعة $8,000 سنوياً بعد طرح تكاليف التشغيل الإضافية من العائدات الناتجة عن الإنتاج الإضافي. يُظهر (الشكل 4.4) مخطط التدفق النقدي لفرصة الاستثمار هذه. فإذا كان معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR لهذه الشركة 20% سنوياً، فهل هذا الاقتراح سليم؟ استخدم طريقة القيمة الحالية (PW).

الحل

القيمة الحالية PW = القيمة الحالية PW للتدفقات النقدية الداخلة – القيمة الحالية PW للتدفقات النقدية الخارجة

أو

$$PW(20\%) = \$8,000\ (P/A, 20\%, 5) + \$5,000(P/F,20\%, 5) - \$25,000$$
$$= \$934.29$$

ولأن : 0 < PW(20%) فإن قطعة التجهيزات هذه مبررة اقتصادياً.

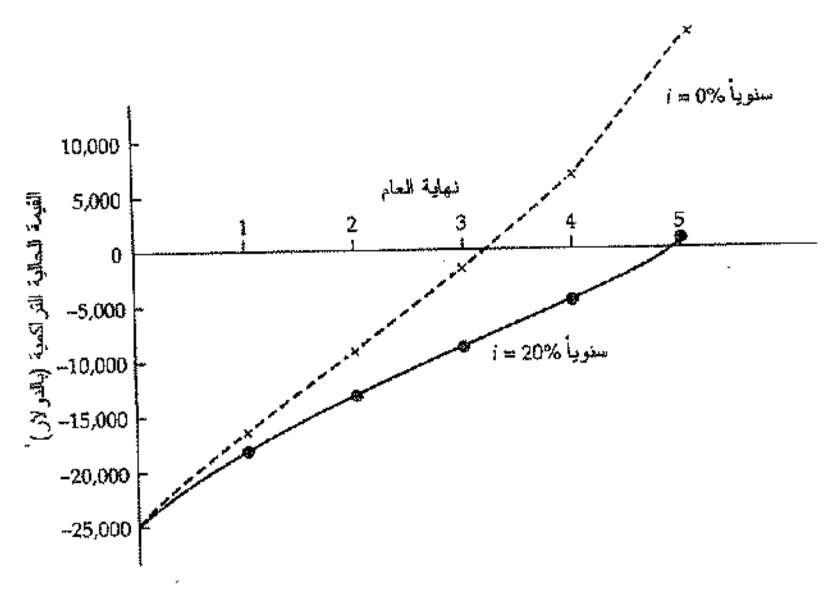
اعتماداً على المثال 4-3، يمكن استخدام (الجدول 1.4) لرسم القيمة الحالية PW المتراكمة للتدفقات النقدية خلال العام *k*. الرسوم البيانية لـــ PW التراكمية المبينة في (الشكل 5.4) عند $i = 20\%$ و$i = 0\%$ مأخوذة على التوالي من العمودين (ج) و(د) اللذين يظهران في (الشكل 1.4).

الجدول 1.4: حسابات القيمة الحالية التراكمية للمثال 4-3

نهاية العام k	آ التدفق النقدي الصافي	ب القيمة الحالية للتدفق النقدي عند $i = 20\%/yr$	ج القيمة الحالية التراكمية عند $i = 20\%/yr$ خلال العام k	د القيمة الحالية التراكمية عند $i = 0\%/yr$ خلال العام k
0	-$25,000	-$25,000	-$25,000	-$25,000
1	8,000	6,667	-18,333	-17,000
2	8,000	5,556	-12,777	-9,000
3	8,000	4,630	-8,147	-1,000
4	8,000	3,858	-4,289	7,000
5	13,000	5,223	+934	20,000

لا بد من تفسير معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR في هذا المثال (كما في باقي الأمثلة الواردة في هذا الفصل)، على أنه معدل فائدة فعلي (i). هنا 20% سنوياً. التدفقات النقدية هي مبالغ نهاية العام متقطعة. لو كان *التركيب المستمر* قد حدد من أجل معدل فائدة اسمي (r) قدره 20% في العام، لكانت القيمة الحالية PW قد حسبت باستخدام عوامل الفائدة المقدمة في الملحق D:

$$PW(\underline{r} = 20\%) = -\$25,000 + \$8,000(P/A, \underline{r} = 20\%, 5)$$
$$+ \$5,000(P/F, \underline{r} = 20\%, 5)$$
$$= -\$25,000 + \$8,000(2.8551) + \$5,000(0.3679)$$
$$= -\$319.60$$



الشكل 5.4: مخطط بيانـــي للقيمة الحالية التراكمية العائدة للمثال 4-3

وهكذا فإن التجهيزات لن تكون مبررة من الناحية الاقتصادية مع التركيب المستمر. والسبب هو أن معدل الفائدة السنوي الفعلي الأعلى ($e^{0.20} - 1 = 0.2214$) يخفض القيمة الحالية PW للتدفقات النقدية المستقبلية الإيجابية، لكنه لا يؤثر في القيمة الحالية PW لرأس المال المستثمر في بداية العام 1.

1.3.4 قيمة السند

إن السند هو خير مثال على القيمة التجارية باعتبارها القيمة الحالية PW للتدفقات النقدية المستقبلية الصافية التـــي يتوقع أن تجنـــى بسبب ملكية شهادة استثمار بفائدة. لذا فإن قيمة السند، في أي وقت كان، هي القيمة الحالية PW للإيرادات النقدية المستقبلية. في سند ما، لدينا:

Z = القيمة الاسمية أو السعر الأصلي،

C = سعر الاسترداد أو سعر الطرح (ويساوي عادة Z)،

r = معدل السند (الفائدة الاسمية) لمدة الفائدة،

N = عدد المدد قبل الاسترداد،

i = معدل عائد السند للمدة الواحدة.

V_N = قيمة (سعر) السند قبل الاسترداد بـــ N مدة فائدة – وهو مقياس ميزة القيمة الحالية PW.

يتقاضى مالك السند نوعين من الدفعات من المقترض. الأولى سلسلة من دفعات فائدة دورية يستلمها إلى أن يتقاعد السند (أو يسدد). سيكون هناك N من تلك الدفعات، تصل قيمة كل واحدة منها إلى $r\,Z$. تكوّن هذه أقساطاً سنوية من N دفعة. إضافة إلى ذلك، عندما يتقاعد السند أو يباع يستلم حامل السند دفعة واحدة تعادل بقيمتها C. إن القيمة الحالية PW للسند هي مجموع القيم الحالية لهذين النوعين من الدفعات عند معدل إيراد السند ($i\%$):

$$V_N = C\,(P/F, i\%, N) + r\,Z\,(P/A, i\%, N) \qquad (2.4)$$

المثال 4-4

نجد السعر الحالي (PW) لسند مدته عشرة أعوام يعود بفائدة قدرها 6% في السنة (تدفع بأسلوب نصف سنوي) وهو قابل للاسترداد وفق سعر الإصدار (السعر الأصلي)، إذا ما ابتاعه شخص ليدر عائدا قدره 10% في السنة. القيمة الاسمية للسند $1,000:

$N = 10 \times 2 = 20$ (مدة)

$r = 6\%/2 = 3\%$ (للمدة الواحدة)

$i = [(1.10)^{1/2} - 1]\ 100 \simeq 4.9\%$ (لمدة نصف سنوية)

$C = Z = \$1,000$

الحل:

باستخدام المعادلة (2.4)، نحصل على:

$$V_N = \$1,000\ (P/F, 4.9\%, 20) + \$1,000\ (0.03)\ (P/A, 4.9\%, 20)$$
$$= \$384.10 + \$377.06 = \$761.16$$

المثال 5-4

يعود سند قيمته الاسمية $5,000 بفائدة سنوية مقدارها 8%. يسترد هذا السند بسعره الأصلي في نهاية عمره البالغ عشرين عاماً، وتستحق أول دفعة فائدة بعد عام من هذا التاريخ.

(آ) ما القيمة التي يجب دفعها الآن من أجل هذا السند للحصول على عائد قدره 10% سنوياً على الاستثمار؟

(ب) إذا ما اشتري هذا السند الآن لقاء مبلغ $4,600، ما العائد السنوي الذي سيحصل عليه الشاري؟

الحل:

(آ) باستخدام المعادلة (2.4)، يمكن تحديد قيمة V_N:

$$V_N = \$5,000(P/F, 10\%, 20) + \$5,000(0.08)(P/A, 10\%, 20)$$
$$= \$743.00 + 3,405.44 = \$4,148.44$$

(ب) لدينا هنا $V_N =$ $4,600، وعلينا إيجاد قيمة $i\%$ في المعادلة (2.4):

$$\$4,600 = \$5,000(P/F, i'\%, 20) + \$5,000(0.08)(P/A, i'\%, 20)$$

للحصول على $i'\ \%$، يمكننا أن نلجأ إلى إجراء التجربة والخطأ التكراري (مثلاً تجربة 8.5%، ثم 9.0%، وهكذا...)، لنصل إلى تحديد أن $i'\ \% = 8.9\%$ في السنة.

المثال 6-4

لأحد سندات الخزينة الأمريكية الذي يستحق دفعه بعد ثمانية أعوام قيمة اسمية قدرها $10,000. وهذا يعني أن حامل السند سيتقاضى $10,000 عداً ونقداً عندما يحل أجل استحقاق السند. يتعهد السند بمعدل فائدة اسمية ثابت مقداره 8% في السنة، لكن دفعات الفوائد تعطى لحامل السند مرة كل ثلاثة أشهر. لذا فإن كل دفعة تبلغ 2% من القيمة الاسمية.

يود من يشتري هذا السند أن يربح فائدة اسمية سنوية مقدارها 10% (تركب كل ثلاثة أشهر) من هذا الاستثمار لأن

معدلات الفائدة في الاقتصاد ازدادت منذ إصدار السند، فما مقدار المبلغ الذي سيكون الشاري مستعداً لدفعه لقاء هذا السند؟

الحل:

لتحديد قيمة هذا السند أخذاً بالحسبان الظروف المنصوص عنها، لا بد من تقدير للقيمة الحالية PW للتدفقات النقدية المستقبلية خلال الأعوام الثمانية القادمة (وهي مدة الدراسة). تقع دفعات الفائدة كل ثلاثة أشهر. ولما كان المشتري المستقبلي للسند يرغب بالحصول من هذا الاستثمار على *فائدة اسمية سنوية قدرها 10%*، فإن القيمة الحالية PW تحسب عند قيمة $i = 10\% / 4 = 2.5\%$ كل ثلاثة أشهر ولما تبقى من 8 (4) = 32 ربع (ثلاثة أشهر) من مدة حياة السند:

$$\begin{aligned} V_N &= \$10{,}000(P/F,2.5\%,32) + \$10{,}000(0.02)(P/A,2.5\%,32) \\ &= \$4{,}537.71 + \$4{,}369.84 = \$8{,}907.55 \end{aligned}$$

لذا فإن، على الشاري ألاّ يدفع أكـــثر من \$ 8,907.55 عندما يرغب بالـــحصول على فائدة اســـمية قدرها 10% سنوياً.

4.4 طريقة القيمة المستقبلية

لما كان الهدف الأساسي لكل طرائق حساب القيمة الزمنية للمال هو زيادة الثروة المستقبلية لمالكي شركة ما إلى الحد الأقصى، فإن المعلومة الاقتصادية التـــي تزودنا بها طريقة القيمة المستقبلية (FW) مفيدة جداً في حالات اتخاذ قرار متعلق باستثمار رأس المال. تعتمد القيمة المستقبلية على أساس القيمة المكافئة لكل التدفقات النقدية الداخلة والخارجة في نهاية أفق التخطيط (مدة الدراسة) بمعدل فائدة يكون في أغلب الأحيان معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR. وكذلك فإن القيمة المستقبلية FW لمشروع ما تكافئ قيمته الحالية (PW)، أي: $FW = PW(F/P, i\%, N)$. فإذا كان $FW \geq 0$ فإن المشروع يكون بذلك مبرراً من الناحية الاقتصادية.

تلخص المعادلة (3.4) الحسابات العامة الضرورية لتحديد القيمة المستقبلية:

$$\begin{aligned} FW(i\,\%) &= F_0(1+i)^N + F_1(1+i)^{N-1} + \ldots + F_N(1+i)^0 \\ &= \sum_{k=0}^{N} F_k (1+i)^{N-k} \end{aligned} \tag{3.4}$$

المثال 4-7

قيِّم القيمة المستقبلية لمشروع التحسين الكامن المبين في المثال 4-3. بيِّن العلاقة بين القيمة المستقبلية FW والقيمة الحالية PW لهذا المثال.

الحل:

$$\begin{aligned} FW(20\%) &= -\$25{,}000(F/P,20\%,5) \\ &\quad + \$8{,}000(F/A,20\%,5) + \$5{,}000 \\ &= \$2{,}324.80 \end{aligned}$$

وفي هذه المرة أيضاً ظهر أن المشروع استثمار جيد، حيث إن $(FW \geq 0)$. القيمة المستقبلية FW هـــي مضاعف للقيمة الحالية PW المكافئة:

$$PW(20\%) = \$2{,}324.80(P/F,20\%,5) = \$934.29$$

استخدمتْ كل من طريقتي القيمة الحالية والقيمة المستقبلية حتى الآن حداً معروفاً وثابتاً لـ MARR، طوال مدة الدراسة. توفر كل طريقة مقياس جدارة معبَّراً عنه بالدولار ومكافئاً للآخر. والفرق في المعلومة الاقتصادية الموفَّرة متناسب مع النقطة الزمنية المستخدمة (أي الحاضر للقيمة الحالية، مقابل المستقبل أو نهاية مدة الدراسة للقيمة المستقبلية).

5.4 طريقة القيمة السنوية

القيمة السنوية (AW) لمشروع ما هي سلسلة سنوية من مبالغ متساوية بالدولار، لمرحلة دراسة منصوص عنها، تكون *مكافئة* للتدفقات النقدية الداخلة والخارجة وبمعدل فائدة يكون بوجه عام الـ (MARR). لذا، فإن القيمة السنوية لمشروع ما هي العائدات السنوية المكافئة أو المدخرات ($\underline{R}$) مطروح منها النفقات السنوية المكافئة ($\underline{E}$)، مطروح منها المكافئ السنوي لمقدار استرداد رأس المال (CR)، وهو ما تحدده المعادلة (4-5). تحسب القيمة السنوية المكافئة لكل من $\underline{R}$ و$\underline{E}$ وCR في حالة مدة الدراسة N، التي غالباً ما تقاس بالسنين. وفي صورة معادلة، تكون القيمة السنوية AW التي هي تابع لـ i % كالتالي:

$$AW(i\,\%) = \underline{R} - \underline{E} - CR(i\,\%) \qquad (4.4)$$

لابد لنا أيضاً من ملاحظة أن القيمة السنوية لمشروع ما تكافئ قيمتيه الحالية PW والمستقبلية FW. أي إن: AW = PW(A/P, i %, N) وأيضاً: AW = FW (A/F, i %, N) لذا يمكن حسابها بسهولة لمشروع ما من تلك القيم المكافئة الأخرى.

وما دامت القيمة السنوية AW أكبر أو تساوي الصفر، فإن المشروع جذاب من الناحية الاقتصادية؛ وإلاّ فإنه ليس كذلك. تعني القيمة السنوية AW التي تساوي الصفر أن المشروع يسمح بالحصول على عائد سنوي يساوي تماماً لـ MARR.

عندما تغيب العائدات من المعادلة (4.4)، فإننا نعبر عن هذا القياس بـ EUAC(i %)، ونسميه: "*التكلفة السنوية المنتظمة المكافئة*" *Equivalent uniform annual cost*. إن التكلفة السنوية المنتظمة المكافئة EUAC(i %) ذات القيمة المنخفضة أفضل من تلك ذات القيمة المرتفعة.

إن مقدار استرداد رأس المال CR لمشروع ما هو *التكلفة* السنوية المكافئة المنتظمة لرأس المال المستثمر. إنه المبلغ السنوي الذي يغطي البندين التاليين:

1. خسارة (فقدان) قيمة الأصول
2. الفائدة على رأس المال المستثمر (أي عند معدل العائد الجذاب الأدنى MARR).

انظر على سبيل المثال إلى آلة أو إلى أصل آخر ستبلغ تكلفته $10,000 ويدوم خمسة أعوام وتبلغ قيمته المستخلصة (قيمته السوقية) $2,000. وبالتالي فإن قيمة ما يفقده هذا الأصل على مدى خمسة أعوام تبلغ $8,000. إضافة إلى أن معدل العائد الجذاب الأدنى MARR يبلغ 10% سنوياً.

يمكن أن نبيّن أنه أيّاً كانت الطريقة المستخدمة في حساب خسارة قيمة أصل ما عبر الزمن، فإن مقدار استرداد رأس المال CR السنوي المكافئ يظل هو نفسه. فمثلاً إذا افترضنا وجود انخفاض منتظم في القيمة، يحسب مقدار استرداد رأس المال السنوي المكافئ على أنه $2,310، كما هو مبين في (الجدول 2.4).

الجدول 2.4: حساب مقدار استرداد رأس المال السنوي المكافئ

العام	قيمة الاستثمار في بداية العام[a]	الخسارة المنتظمة في القيمة	الفائدة على استثمار بداية العام بمعدل $i = 10\%$	مقدار استرداد رأس المال لعام	القيمة الحالية لمقدار استرداد رأس المال بفائدة = 10%
1	$10,000	$1,600	$1,000	$2,600	$2,600(P/F, 10%, 1) = $2,364
2	8,400	1,600	840	2,440	$2,440(P/F, 10%, 2) = $2,016
3	6,800	1,600	680	2,280	$2,280(P/F, 10%, 3) = $1,713
4	5,200	1,600	520	2,120	$2,120(P/F, 10%, 4) = $1,448
5	3,600	1,600	360	1,960	$1,960(P/F, 10%, 5) = $1,217
					$8,758

CR = $8,758 (A/P, 10%, 5) = $2,310

[a] هذا ما يشار إليه لاحقاً على أنه "استثمار بداية العام غير المسترد".

هناك عدة صيغ مناسبة يمكن بواسطتها حساب مقدار استرداد رأس المال (التكلفة) للحصول على النتيجة الواردة في (الجدول 2.4). وربما تكون أسهل الصيغ فهماً تلك التـي تتضمن إيجاد المكافئ السنوي لاستثمار رأس المال الأولي ومن ثم طرح المكافئ السنوي للقيمة المستخلصة. ويكون:

$$CR(i\,\%) = I\,(A\,/\,P,\,i\,\%,\,N) - S\,(A\,/\,F,\,i\,\%,\,N) \tag{5.4}$$

حيث: I = الاستثمار الأولي للمشروع[2].

S = القيمة المستخلصة (قيمة السوق) في نهاية مدة الدراسة.

N= مدة دراسة المشروع.

عندما تطبق المعادلة (5.4) على المثال في (الجدول 2.4)، يكون مقدار استرداد رأس المال:

$$\begin{aligned} CR(10\%) &= \$10{,}000(A\,/\,P, 10\%, 5) - \$2{,}000(A\,/\,F, 10\%, 5) \\ &= \$10{,}000(0.2638) - 2{,}000(0.1638) = \$2{,}310 \end{aligned}$$

هناك طريقة أخرى لحساب مقدار استرداد رأس المال CR وهي إضافة مقدار مال سداد سنوي *annual sinking fund* (أو إيداع) إلى الفائدة على الاستثمار الأصلي. ويكون:

$$CR(i\%) = (I - S)(A\,/\,F,\,i\,\%,\,N) + I(i\,\%) \tag{6.4}$$

عندما تطبق المعادلة (6.4) على المثال في (الجدول 2.4)، يكون مقدار استرداد رأس المال:

$$\begin{aligned} CR(10\%) &= (\$10{,}000 - \$2{,}000)(A\,/\,F, 10\%, 5) + \$10{,}000(10\%) \\ &= \$8{,}000(0.1638) + \$10{,}000(0.10) = \$2{,}310 \end{aligned}$$

ومع ذلك هناك طريقة أخرى لحساب مقدار CR وهي إضافة التكلفة السنوية المكافئة للخسارة المنتظمة في قيمة الاستثمار إلى الفائدة على القيمة المستخلصة:

$$CR(i\,\%) = (I - S)(A\,/\,P,\,i\,\%,\,N) + S\,(i\,\%) \tag{7.4}$$

---

[2] يمتد الاستثمار في بعض الحالات على مدد عدة. في هذه الحال، تكون I القيمة الحالية PW لكل مبالغ الاستثمار.

بالتطبيق على المثال المستخدم سابقاً،

$$\begin{aligned} CR(10\%) &= (\$10{,}000 - \$2{,}000)(A/P, 10\%, 5) + \$2{,}000(10\%) \\ &= \$8{,}000(0.2638) + \$2{,}000(0.10) = \$2{,}310 \end{aligned}$$

المثال 4-8

باستخدام طريقة القيمة السنوية AW والمعادلة (4.4)، بيّن ما يلي: هل التجهيزات الموصوفة فـي المثال 4-3 يجب أن يوصى بها؟

الحل:

تعطي الطريقة AW المطبقة على المثال 3.4 ما يلي:

$$\begin{aligned} AW(20\%) &= \overbrace{\$8{,}000}^{R-E} - \overbrace{[\$25{,}000(A/P, 20\%, 5) - \$5{,}000(A/F, 20\%, 5]}^{CR} \\ &= \$8{,}000 - (\$8{,}359.50 - \$671.90) \\ &= \$312.40 \end{aligned}$$

ولأن القيمة السنوية للتجهيزات AW(20%) موجبة، فإن هذه التجهيزات تغطي أكثر من تكلفتها خلال مدة خمسة أعوام وتربح 20% كعائد سنوي على الاستثمار غير المسترد. والحقيقة أن "الفائض" السنوي المكافئ هو 312.40$، وهذا يعنـي أن التجهيزات اقتصدت عائدات أكثر من 20% على استثمار بداية العام غير المسترد. وعليه فإنه يجب التوصية بهذه التجهيزات باعتبارها فرصة استثمار جذابة. يمكننا أيضاً التأكيد أن AW(20%) في المثال 4-8 مكافئة لـ PW(20%) = $934.29 في المثال 4-3، و FW (20%) = $2,324.80 في المثال 4-7. أي: AW(20%) = $934.29 (A/P, 20%, 5) = $312.40 وكذلك: AW(20%) = $2,324.80 (A / F, 20%, 5) = $312.40

المثال 4-9

تفكر شركة استثمار ببناء مجمع مؤلف من 25 وحدة سـكنية في مدينة هي في حالة توسـع. وبسبب إمكانية توسع المدينة على المدى البعيد، فقد اعتقدت الشركة أن بإمكانها تدبير إشغال كامل للمجمع بنسبة 90% كل عام. فإذا كانت البنود التالية تقديرات على قدر معقول من الدقة، فما هو الحد الأدنـى الشهري للأجرة التـي يجب أن تفرضها الشركة إذا كانت ترغب بالحصول على 12% كمعدل عائد جذاب أدنـى MARR (في السنة) (استخدم طريقة القيمة السنوية AW)؟

تكلفة استثمار الأرض	$50,000
تكلفة استثمار البناء	$225,000
مدة الدراسة، N	20 عاماً
الأجرة الشهرية للوحدة	؟
تكاليف الصيانة الشهرية للوحدة	$35
ضرائب الملكية والتأمين سنوياً	10% من كامل الاستثمار الأولي

الحل:

تقوم طريقة حل هذه المسألة أولاً على تحديد القيمة السنوية AW المكافئة لكل التكاليف بمعدل عائد جذاب أدنـى

MARR مقداره 12% في السنة. ولتحقيق ربح من هذا المشروع قدره 12% تماماً، فإن الدخل السنوي من الأجرة المعدل لنسبة إشغال قدرها 90% يجب أن يساوي القيمة السنوية AW للتكاليف:

تكلفة الاستثمار الأولي $= \$225,000 + \$50,000 = \$275,000$

الضرائب والتأمين / في السنة $= 0.1\ (\$275,000) = \$27,000$

تكاليف الصيانة / في السنة $= 35\%\ (25 \times 12)\ (0.9) = \$9,450$

تكلفة استرداد رأس المال CR/ في السنة [المعادلة (5.4)] $= \$275,000\ (P/A, 12\%, 20) - \$50,000\ (F/A, 12\%, 20)$

$= \$36,123$

(نفترض أن الاستثمار بالأرض يسترد بنهاية العام 20 وأن الصيانة السنوية تتناسب مباشرة مع معدل الإشغال). وهكذا فإن:

$$AW\ (\text{للتكاليف}) = \$27,500 + \$9,450 + \$36,123 = \$73,073$$

لذا فإن الحد الأدنـــى المطلوب للأجرة *السنوية* يساوي $73,073 وبالتركيب السنوي ($M = 1$) يكون مقدار الأجرة الشهرية، $\hat{R}$:

$$\hat{R} = \frac{\$73,073}{(12 \times 25)(0.9)} = \$270.64$$

يفضل العديد من متخذي القرار طريقة القيمة السنوية AW لأنها سهلة التفسير نسبياً عندما يكون المرء معتاداً على العمل بكشوف دخل سنوي وملخصات تدفق نقدي.

موقع مرفق على شبكة الإنترنت: **http://www.prenhall.com/sullivan_engineering/** تكوّن تكاليف المواد جزءاً كبيراً من تكاليف الإنشاء الإجمالية. زر موقع الإنترنت لرؤية مقارنة للقيمة السنوية (AW) لاستخدام الإسمنت أو الفولاذ في بناء الجوائز *beams*. ويتضمن الموقع آلة حساب تكلفة باستخدام وريقات الجدولة يمكنك استخدامها لتجربة تحليلك الخاص.

6.4 طريقة المعدل الداخلي للعائد

إن طريقة المعدل الداخلي للعائد IRR هي أوسع طريقة لحساب معدل العائد استخداماً في إجراء تحاليل الاقتصاد الهندسي. وتدعى أحياناً بعدة أسماء أخرى، كطريقة المستثمر *invester's method*، وطريقة التدفق النقدي المحسوم *discounted cash flow method*، ومؤشر الربحية *profitability index*.

تحل هذه الطريقة مسألة معدل الفائدة الذي يساوي بين القيمة المكافئة للتدفقات النقدية الداخلة لبديل ما (إيرادات أو مدخرات) والقيمة المكافئة للتدفقات النقدية الخارجة (النفقات، ومن ضمنها تكاليف الاستثمار). يمكن حساب القيمة المكافئة بأية طريقة من الطرائق الثلاث التـــي بحثت سابقاً. ويسمى معدل الفائدة الناتج *المعدل الداخلي للعائد* (*IRR*).

ففي حالة بديل وحيد، ومن وجهة نظر المقرض، لا يكون IRR إيجابياً إلا إذا (1) كانت كل من الإيرادات والنفقات موجودة في نموذج التدفق النقدي، (2) تجاوز مجموع الإيرادات مجموع التدفقات النقدية الخارجة كلها. افحص كلا هذين الشرطين بغية تفادي الجهد غير الضروري الذي يبذل في إيجاد أن IRR سالب. (تتيح المعاينة البصرية للتدفق النقدي الصافي تحديد كون IRR يساوي الصفر أو أقل من الصفر).

باستخدام صيغة القيمة الحالية PW، نرى أن المعدل الدخلي للعائد IRR هو $i'\%$[3] الذي يكون عنده:

$$\sum_{k=0}^{N} R_k(P/F, i'\%, k) = \sum_{k=0}^{N} E_k(P/F, i'\%, k) \quad (8.4)$$

حيث R_k = عائدات أو مدخرات صافية للعام k،

E_k = نفقات صافية تتضمن أية تكاليف استثمارية للعام k،

N = عمر المشروع (أو مدة الدراسة).

بمجرد حساب قيمة i'، تقارن بـ MARR (معدل العائد الجذاب الأدنى) لتقييم ما إذا كان البديل المطروح مقبولاً.

فإذا كان $i' \geq MARR$، يكون البديل مقبولاً، وفيما عدا ذلك لا يكون مقبولاً.

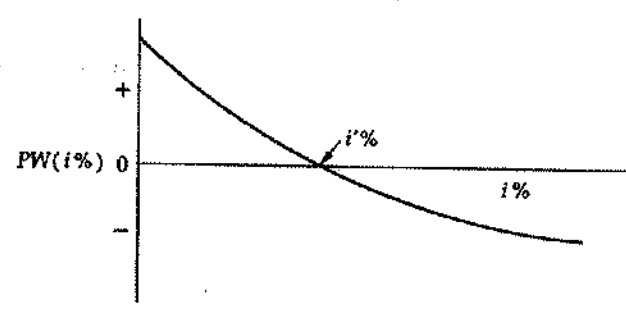
هناك شكل آخر واسع الانتشار للمعادلة (8.4) لحساب المعدل الداخلي للعائد (IRR) للبديل، وهو تحديد i' التي تكون عندها قيمتها الحالية الصافية PW = الصفر. وفي صيغة معادلة، IRR هي قيمة i' التي تكون عندها:

$$PW = \sum_{k=0}^{N} R_k(P/F, i'\%, k) - \sum_{k=0}^{N} E_k(P/F, i'\%, k) = 0 \quad (9.4)$$

ففي حالة بديل بتكلفة استثمار وحيدة في الوقت الحالي ($k = 0$) متبوع بسلسلة من التدفقات النقدية الداخلة الموجبة على مدى N، فإن المخطط البياني للقيمة الحالية PW مقابل معدل الفائدة له الشكل النموذجي المحدب العام الذي يظهر في (الشكل 6.4). النقطة التي تكون عندها PW = 0 في (الشكل 6.4) تحدد $i'\%$ التي هي المعدل الداخلي لعائد المشروع.

يمكن أيضاً تحديد قيمة $i'\%$ على أنها معدل الفائدة الذي يكون عنده FW = 0 أو AW = 0. فمثلاً، بجعل القيمة المستقبلية FW مساوية للصفر، نجد أن:

$$FW = \sum_{k=0}^{N} R_k(F/P, i'\%, N-k) - \sum_{k=0}^{N} E_k(F/P, i'\%, N-k) = 0 \quad (10.4)$$

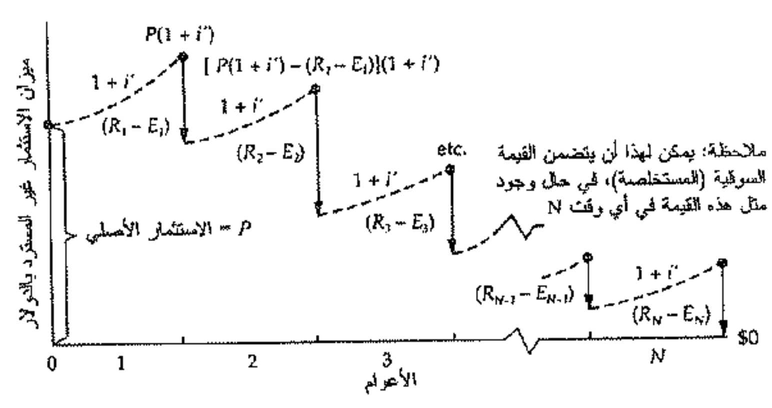


الشكل 6.4: رسم بياني للقيمة الحالية PW مقابل معدل الفائدة

هناك طريقة أخرى لتفسير المعدل الداخلي للعائد IRR وذلك من خلال *مخطط رصيد الاستثمار Investment-Balance Diagram*. (انظر أيضاً الفقرة 9.4). يُظهر (الشكل 7.4) المقدار الذي ما زال يجب استرداده من الاستثمار الأصلي في بديل ما، بدلالة الزمن. وتعبّر الأسهم المتجهة إلى الأسفل في (الشكل 7.4) عن العائدات السنوية $(R_k - E_k)$ في حالة

[3] i' تستخدم غالباً بدلاً من i للدلالة على معدل الفائدة الذي يجب تحديده.

$1 \leq k \leq N$، مقابل الاستثمار غير المسترد، وتُظهر الخطوط المنقطة تكلفة الفرصة البديلة للفائدة، أو الربح، في رصيد استثمار بداية العام. *المعدل الداخلي للعائد IRR هو قيمة i' في (الشكل 7.4) التـي تتسبب في أن يكون رصيد الاستثمار غير المسترد مساوياً تماماً للصفر في نهاية مدة الدراسة (العام N)* ولذا فهو يمثل معدل الربح *الداخلي* لمشروع ما. من المهم ملاحظة أن $i'\%$ *تحسب على استثمار بداية العام غير المسترد* خلال عمر المشروع، وليس على مجمل الاستثمار الأولي. تحتوي الفقرة 9.4 على أمثلة إضافية عن مخططات رصيد الاستثمار.



الشكل 7.4: مخطط رصيد الفائدة الذي يُظهر المعدل الداخلي للعائد IRR

تنطوي طريقة حل المعادلات (8.4) وحتـى (10.4) عادة على حسابات التجربة والخطأ إلى أن يتم التقارب نحو i' أو يصبح بالإمكان استقراؤها. يُعد المثال 4-10 حلاً نموذجياً.

المثال 4-10 (إعادة عرض للمثال 4-2)

يمكن توظيف استثمار رأس مال بقيمة 10,000 $ في مشروع سينتج إيراداً سنوياً منتظماً بقيمة 5,310 $ لـمدة خمسة أعوام، ثم تصبح قيمته المستخلصة (السوقية) $2,000. ستبلغ النفقات السنوية $3,000. الشركة على استعداد لقبول أي مشروع يأتـي بعائدات قيمتها على الأقل 10% في العام على مجمل رأس المال المستثمر. بيّن إمكان قبول المشروع باستخدام طريقة المعدل الداخلي للعائد IRR.

الحل:

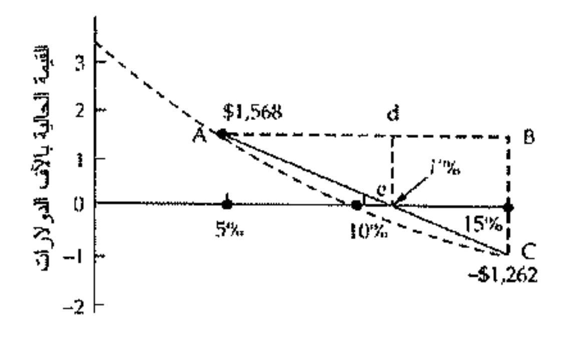
نرى مباشرة في هذا المثال أن مقدار التدفقات النقدية الموجبة ($13,550) يتجاوز مقدار التدفقات النقدية السالبة ($10,000). لذا فإنه يمكن على الأغلب تحديد i' ذات قيمة موجبة. يمكننا حساب المعدل الداخلي للعائد IRR بكتابة معادلة للقيمة الحالية PW لإجمالي التدفق النقدي الصافي للمشروع وجعلها مساوية للصفر:

$$\text{PW} = 0 = -\$10{,}000 + (\$5{,}310 - \$3{,}000)(P/A, i'\%, 5)$$
$$+ \$2{,}000(P/A, i'\%, 5);\ \ i'\% = ?$$

لو لم نكن نعلم سلفاً الجواب من المثال 2.4 ($i' = 10\%$) لكنا ربما حاولنا استخدام قيمة منخفضة نسبيا لـ i' كـ 5% مثلاً، وقيمة مرتفعة نسبياً لـ i' كـ 15% مثلاً. سيستخدم الاستيفاء الخطي *linear interpolation* لإيجاد قيمة i'، وعلى الإجراء المستخدم في (الشكل 8.4) ألا يتجاوز مجال 10%. لدينا:

$$\text{At } i' = 5\%: PW = -\$10{,}000 + \$2{,}310(4.3295)$$
$$+ \$2{,}000(0.7835) = +\$1{,}568$$

$$\text{At } i' = 15\% : PW = -\$10,000 + \$2,310(3.3522) + \$2,000(0.4972) = -\$1,262$$



الشكل 8.4: استخدام الاستيفاء الخطي لإيجاد القيمة التقريبية لـ IRR للمثال 4-10

وبسبب أن لدينا قيمتين حاليتين PW موجبة وسالبة، فقد حُصر الجواب. المنحني المنقط في (الشكل 8.4) هو ما نعبر عنه تقريبياً بشكل خطي. يمكن تحديد الجواب $i'\%$ باستخدام المثلثات المتشابهة المنقّطة التي تظهر في (الشكل 8.4):

$$\frac{\text{القطعة } dA}{\text{القطعة } de} = \frac{\text{القطعة } BA}{\text{القطعة } BC}$$

حيث BA القطعة المستقيمة: $B - A = 15\% - 5\%$. ومنه:

$$\frac{15\% - 5\%}{\$1,568 - (-\$1,262)} = \frac{i'\% - 5\%}{\$1,568 - \$0}$$

أو:

$$i'\% = 5\% + \frac{\$1,568}{\$1,568 - (-\$1,262)}(15\% - 5\%) = 5\% + 5,5\% = 10.5\%$$

ولما كان معدل العائد الداخلي للمشروع IRR (10.5%) أكبر من معدل العائد الجذاب الأدنى MARR، فإن المشروع مقبول. يجسد هذا الحل التقريبي عملية التجربة والخطأ، إلى جانب الاستيفاء الخطي. ويعود الخطأ في هذا الجواب (الفعلية $i' = 10\%$) إلى عدم خطية تابع القيمة الحالية PW، وكان يمكن أن يكون أقل لو أن مجال معدلي الفائدة المستخدم في الاستيفاء كان أصغر.

بتنا نعلم، من جواب المثال 4-2، أن المشروع مقبول كحد أدنى وأن $i' = \text{MARR} = 10\%$ في العام. يمكننا تأكيد هذه النتيجة بتعويض $i = 10\%$ في معادلة القيمة الحالية PW على النحو التالي:

$$\text{PW}(10\%) = -\$10,000 + (\$5,310 - \$3,000)(P/A,10\%,5) + \$2,000(P/F,10\%,5) = 0$$

المثال 4 -11 (إعادة عرض للمثال 4-3)

اقترح مهندسون قطعةَ معدات جديدة لزيادة إنتاجية إحدى عمليات اللحام اليدوي. تبلغ تكلفة الاستثمار $25,000، وستبلغ القيمة السوقية (المستخلصة) للقطعة $5,000 في نهاية العمر المتوقع لقطعة التجهيزات والبالغ خمس سنوات. ستبلغ زيادة الإنتاجية التي ستحصل بفضل قطعة التجهيزات هذه $8,000 في السنة بعد طرح تكاليف التشغيل الإضافية من

قيمة الإنتاج الإضافي. يظهر (الشكل 4.4) مخطط تدفق نقدي لهذه القطعة. قدِّر قيمة IRR (المعدل الداخلي للعائد) للقطعة المقترحة. هل هذا استثمار جيد؟ تذكر أن MARR (معدل العائد الجذاب الأدنـــى) يبلغ 20% سنوياً.

الحل:

باستخدام المعادلة (9.4)، نحصل على التعبير التالي:

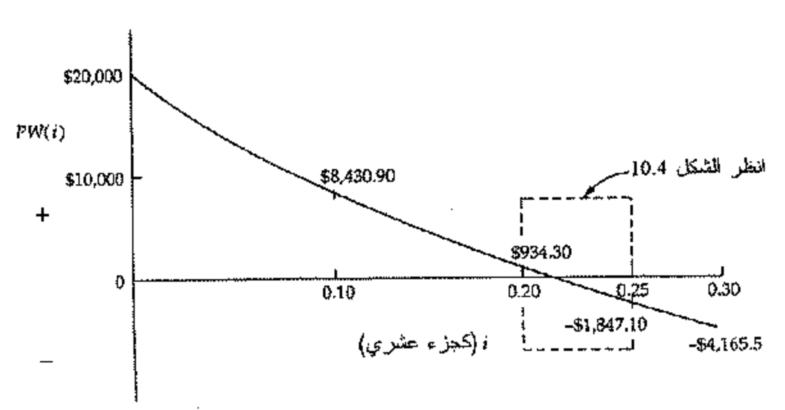
$$PW\,(i\%) = \$8{,}000(P/A, i'\%, 5) + \$5{,}000(P/F, i'\%, 5) - \$25{,}000 = 0; \qquad i' = ?$$

استخدم (الجدول 3.4) لحل هذه المعادلة بطريقة التجربة والخطأ. يُظهر (الشكلان 9.4 و10.4) حسابات القيمة الحالية PW العائدة (للجدول 3.4).

الجدول 3.4: حساب قيم حالية منتقاة $PW(i)$ في المثال 4-11

i' (كقيمة عشرية)	$PW(i')$
0.00	$8,000(5) + $5,000(1) –$25,000 = $20,000
0.10	8,000(3.7908) + 5,000(0.6209) – 25,000 = 8,430.90
0.20	8,000(2.9906) + 5,000(0.4019) – 25,000 = 934.30
0.25	8,000(2.6893) + 5,000(0.3277) – 25,000 = – 1,847.10
0.30	8,000(2.436) + 5,000(0.2693) – 25,000 = – 4,165.50

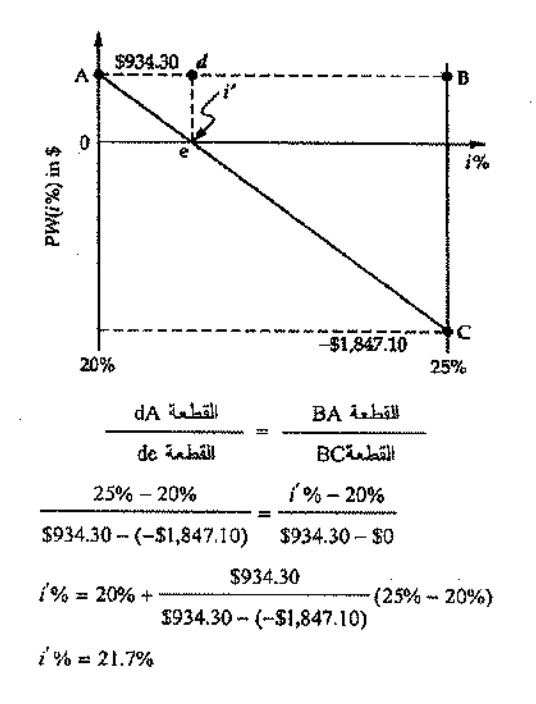
وبالمعاينة، يظهر أن قيمة $i'\%$ حيث PW = 0 تبلغ نحو 22%. في أغلب التطبيقات، قيمة $i'\%$ التـــي تساوي 22% دقيقة دقة كافية، لأن اهتمامنا ينصب أساساً على معرفة كون $i'\%$ يساوي أو يتجاوز الــ MARR. يمكن تحديد قيمة i' بدقة أكبر عن طريق حل المعادلة الأخيرة مباشرة بحسابات تجربة وخطأ متكررة ($i' = 21.577\%$). من الواضح أن قطعة التجهيزات هذه جذابة من الناحية الاقتصادية، لأن $21.577\% > 20\%$.



الشكل 9.4: PW مرسومة بيانياً بدلالة i، للمثال 4-11.

نقطة أخيرة لا بد مـــن إيضاحها تتعلق بالمثال 4-11. نجد مخطط رصيد الاستثمار في (الشكل 11.4) وعلى القارئ أن يلاحظ أن $i' = 21.577\%$ هي معدل العائد محسوبة على اســـتثمار بداية العام غير المسترد. وأن IRR (المعدل الداخلي للعائد) *ليس* معدل عائد متوسط كل سنة مبنياً على أساس إجمالي الاستثمار البالغ $25,000.

هناك تطبيق شائع لطريقة المعدل الداخلي للعائد IRR وهو ما يسمى بأصناف مسائل *التمويل بالتقسيط* *installment financing*. ترتـــبط هذه المسائل بتدابـــير مالية لشراء بضائع "في أوانها". غالباً ما يدفع المقترض إجمالي عبء الفائدة أو



$$\frac{\text{القطعة dA}}{\text{القطعة de}} = \frac{\text{القطعة BA}}{\text{القطعة BC}}$$

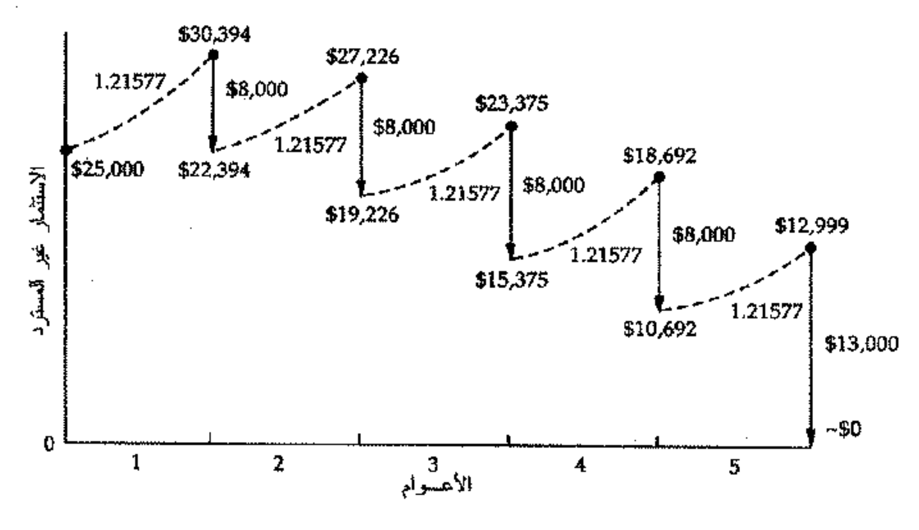
$$\frac{25\% - 20\%}{\$934.30 - (-\$1{,}847.10)} = \frac{i'\% - 20\%}{\$934.30 - \$0}$$

$$i'\% = 20\% + \frac{\$934.30}{\$934.30 - (-\$1{,}847.10)}(25\% - 20\%)$$

$$i'\% = 21.7\%$$

الشكل 10.4: استخدام الاستيفاء الخطي لإيجاد الـ IRR التقريبي في المثال 4-11 والشكل 9.4

التمويل على أساس مقدار المبلغ المستحق في بداية القرض *بدلاً* من أن يكون على أساس رصيد القرض غير المدفوع، كما هو مبين في (الشكل 11.4). غالباً ما يكون متوسط رصيد القرض غير المسدد يساوي نصف المبلغ الأولي المقترض. ومن الواضح أن الرسوم المالية المبنية فقط على *كامل* المبلغ المقترض تنطوي على دفعات فائدة على أموال ليست في واقع الأمر مقترضة لكامل المدة. تؤدي هذه الممارسات إلى معدل فائدة فعلي غالباً ما يتجاوز إلى حد بعيد معدل الفائدة المنصوص عنه. ولتحديد معدل الفائدة الحقيقي الذي يفترض في مثل هذه الحالات، غالباً ما تُستخدم طريقة المعدل الداخلي للعائد IRR. تعد الأمثلة 4-12 و4-13 و4-14 مسائل نموذجية عن *التمويل بالتقسيط*.



الشكل 11.4: مخطط رصيد الاستثمار للمثال 4-11

المثال 4-12

فـي عام 1915، قيل إن ألبرت إبستن *Albert Epstein* اقترض مبلغ $7,000 من مصرف كبير في نيويورك بشرط أن

يسدد 7% من القرض كل ثلاثة أشهر، إلى أن يسدد ما مجموعه 50 دفعة. وعند تسديد الدفعة الخمسين، يكون قد سدد كامل القرض البالغ $7,000. قام ألبرت بحساب معدل فائدته السنوي، فإذا به: = [0.07($7,000) × 4]/$7,000 = 0.28(28%)

(آ) ما مقدار معدل الفائدة السنوية *الفعلي الحقيقي* الذي دفعه ألبرت؟

(ب) ماذا لو أن هناك خطأ ما في حساباته؟

الحل:

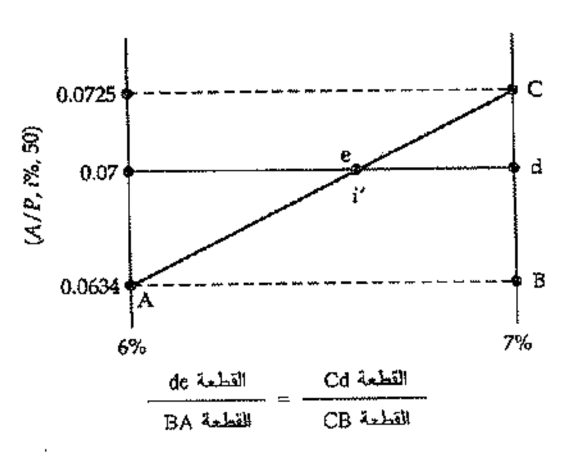
(آ) نحصل على معدل الفائدة الحقيقي لكل ثلاثة أشهر بمساواة القيمة المكافئة للمبلغ المقترض بالقيمة المكافئة للمبالغ المسددة. وبمساواة مقادير AW للربع الواحد (ثلاثة أشهر)، نجد:

$$\$7,000\ (A/P, i'\%/\text{qtr.}, 50\ \text{qtrs.}) = 0.07\ (\$7.000)\ \text{لكل ربع (ثلاثة أشهر)}$$

$$(A/P, i'\%, 50) = 0.07$$

الخطوة التالية هي الاستيفاء الخطي لإيجاد $i'\%$ لكل ربع (ثلاثة أشهر) باستخدام المثلثات المتشابهة:

$$(A/P, 6\%, 50) = 0.0634$$
$$(A/P, 7\%, 50) = 0.0725$$



$$\frac{\text{القطعة } de}{\text{القطعة } BA} = \frac{\text{القطعة } Cd}{\text{القطعة } CB}$$

$$\frac{7\% - i'\%}{7\% - 6\%} = \frac{0.0725 - 0.07}{0.0725 - 0.0634}$$

$$i'\% = 7\% - 1\%\left(\frac{0.0025}{0.0091}\right)$$

أو: كل ربع (ثلاثة أشهر) $i'\% \simeq 6.73\%$

يمكننا الآن حساب القيمة الفعلية السنوية لـ $i'\%$ التي كان ألبيرت يدفعها:

$$i'\% = [(1.0673)^4 - 1]100\%$$

$$\simeq 30\%\ \text{سنوياً}$$

(ب) ومع أن جواب ألبرت البالغ *28%* قريب من القيمة الحقيقية البالغة 30%، فإن حساباته لم تضع في الحسبان المدة التي استغرقتها دفعاته. فمثلاً، يمكنه أن يحصل على جواب 28% إذا كان قد سدد 20 دفعة ربع سنوية أو 50 دفعة ربع سنوية أو 70 دفعة ربع سنوية قيمة كل منها $490 ! ففيما يتعلق بعشرين دفعة ربع سنوية، يبلغ المعدل الحقيقي الفعال للفائدة 14.5 % سنوياً، ويبلغ هذا المعدل لـ 70 دفعة ربع سنوية 31 % سنوياً. وكلما زاد عدد الدفعات يزداد

معدل الفائدة السنوي الحقيقـــي الفعال الذي يفرضه المصرف علـــى المقترض، لكن طريقة ألبرت لا تبيّن مقدار هذه الزيادة

المثال 13-4

أعلنت شركة التمويل (فلاي باي نايتFly-by-Night) عن "خطة صفقة 6%" لتمويل شراء سيارات. يضاف للقرض الممول 6% على كل عام يكون هناك فيه نقود تستحق الدفع. ثم يقسم المجموع على عدد الأشهر التـــي ستقسط عليها الدفعات، والحاصل هو مقدار الدفعات الشهرية. فمثلاً، تشتري امرأة في إطار هذه الخطة سيارة بمبلغ $10,000 وتدفع مبلغ $2,500 نقداً كدفعة أولى. وهي ترغب بدفع الرصيد البالغ $7,500 على 24 قسطاً شهرياً:

سعر الشراء	$10,000 =
– الدفعة الأولى	2,500 =
= الرصيد المستحق (P_0)	7,500 =
+ 6% رسم تمويل = 0.06 × 2 عامان × $7,500	900 =
= إجمالي المبلغ الواجب الدفع	8,400 =
∴ الدفعات الشهرية (A) = 24/$8,400	$350 =

فما مقدار المعدل السنوي الفعلي للفائدة الذي تدفعه في الواقع؟

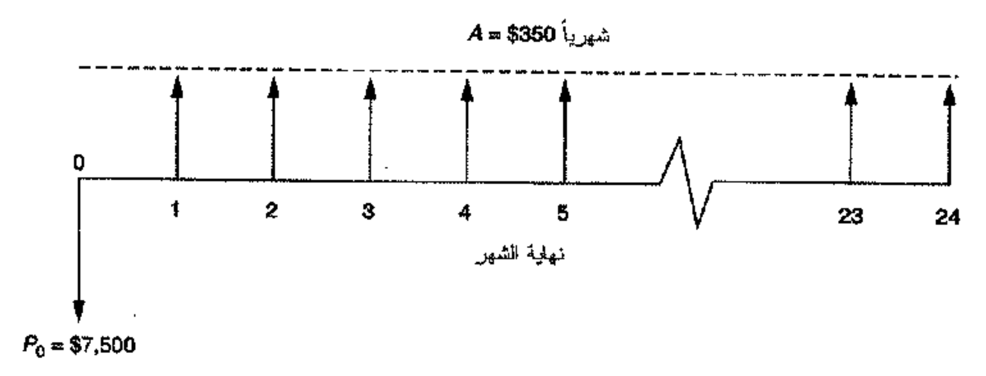
الحل:

بسبب أن هناك 24 دفعة مقدار كل منها $350 تسدد في نهاية كل شهر، فإن هذا يشكل أقساطا سنوية (A) بمعدل فائدة مجهول i'% يجب حسابه فقط على الرصيد غير المدفوع بدلا من كامل مبلغ $7,500 المقترض. يظهر (الشكل 12.4) تدفق نقدي لهذه الحالة. في هذا المثال، يبلغ المبلغ المستحق على السيارة (أي الرصيد الأولي غير المدفوع) $7,500، لذا يستخدم تعبير التكافؤ التالي لحساب معدل الفائدة الشهري المجهول:

$$P_0 = A(P / A, i' \%, N)$$

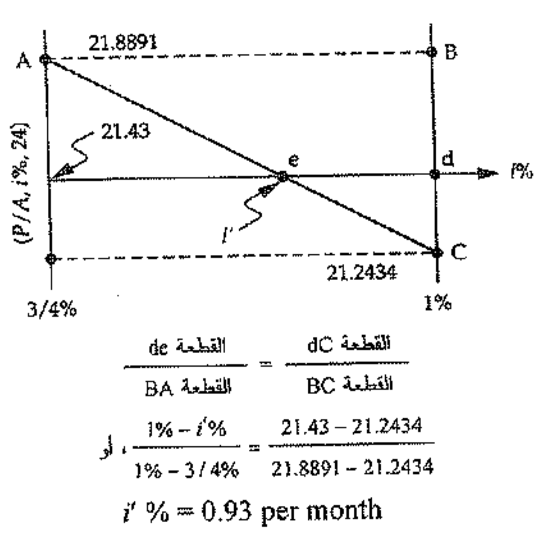
$$\$7{,}500 = \$350 / \text{mo} \, (P / A, i' \%, 24 \text{ months})$$

$$(P / A, i'\%, 24) = \frac{\$7{,}500}{\$350} = 21.43$$



الشكل 12.4: مخطط التدفق النقدي العائد للمثال 13-4 من وجهة نظر شركة التمويل.

بمراجعة جداول الفائدة لعوامل P/A عند $N = 24$ التـــي هي أقرب ما تكون إلى 21.43، نجد أن $(P/A, 3/4\%, 24) =$ 21.8891 وأن: $(P/A, 1\%, 24) = 21.2434$.



$$\frac{\text{القطعة } dC}{\text{القطعة } BC} = \frac{\text{القطعة } de}{\text{القطعة } BA}$$

$$\frac{21.43 - 21.2434}{21.8891 - 21.2434} = \frac{1\% - i'\%}{1\% - 3/4\%} \text{ ، أو}$$

$$i'\% = 0.93 \text{ per month}$$

الشكل 13.4: استخدام الاستيفاء الخطي لإيجاد المعدل الداخلي التقريبـــي للعائد في المثال 4-13

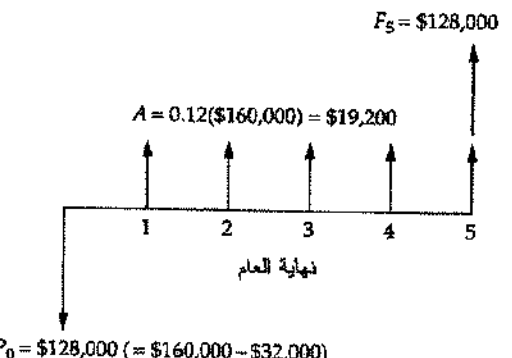
يبين (الشكل 13.4) استيفاءً خطياً للمجهول IRR. ولما كانت الدفعات هي دفعات شهرية، فإن معدل الفائدة المفروض يبلغ 0.93% في الشهر. والمعدل الاسمي المدفوع على المبلغ المقترض هو $0.93\%(12) = 11.16\%$ تركب شهرياً. وهذا يوازي معدل فائدة سنوي فعلي مقداره $[(1 + 0.0093)^{12} - 1] \times 100\% \cong 12\%$. وهكذا فإن ما ظهر في البداية على أنه صفقة حقيقية، ينطوي في حقيقة الأمر على معدل فائدة سنوية فعلية هي ضعف المعدل المنصوص عليه. والسبب في ذلك هو أن المبلغ المقترض يقتصر وسطياً على 3,750$ على مدى عامين، لكن الفائدة التـــي فرضتها شركة التمويل على مدى 24 شهراً كانت على مبلغ 7,500$.

المثال 4-14

تحتاج شركة صغيرة لاقتراض 160,000 $. فأدلى المصرفي المحلي الوحيد بالتصريح التالي: "يمكننا إقراضكم 160,000 $ بمعدل فائدة مناسب تماماً يبلغ 12% لقرض مدته خمسة أعوام. ولكن لضمان هذا القرض، عليكم القبول بفتح حساب شيكات (بدون فائدة) يبلغ متوسط الرصيد الأدنـــى فيه 32,000$. إضافة إلى ذلك يجب دفع مبالغ الفائدة في نهاية كل عام ويُستردّ كامل رأس المال بدفعة واحدة في نهاية العام الخامس". فما معدل الفائدة السنوي الفعلي الواجب (المستحق) على القرض؟

الحل:

يَظهر في (الشكل 14.4) مخطط التدفق النقدي من وجهة نظر المصرفي. من المفيد عند الشروع بالحل لإيجاد معدل فائدة مجهول رسم *مخطط تدفق نقدي* قبل كتابة علاقة تكافؤ. يمكن الآن بسهولة حساب معدل الفائدة (IRR) الذي يقيم تكافؤاً بين التدفق النقدي السالب والتدفق النقدي الموجب:



الشكل 14.4: مخطط التدفق النقدي العائد للمثال 14-4

$$P_0 = F_5(P/F, i'\,\%, 5) + A(P/A, i'\,\%, 5)$$

$$\$128,000 = \$128,000\ (P/F, i'\,\%, 5) + \$19,200\ (P/A, i'\,\%, 5)$$

فإذا جربنا $i' = 15\%$، نكتشف أن $\$128,000 = \$128,000$. لذا فإن معدل الفائدة الحقيقي الفعلي هو 15% سنوياً

1.6.4 الصعوبات المرتبطة بطريقة المعدل الداخلي للعائد

تفترض طرائق PW وFW وAW أن الإيرادات الصافية بعد حسم النفقات (الأموال المستردة الموجبة) في كل مدة يعاد استثمارها بمعدل MARR خلال مدة الدراسة N. في حين أن طريقة IRR ليست محددة بهذا الافتراض وهي تقيس معدل الربح الداخلي لاستثمار ما[4].

ومن بين الصعوبات الأخرى التـــي تعترض طريقة IRR الصعوبات الحسابية ووجود عدة معدلات داخلية للعائد (IRRs) في بعض أنواع المسائل. في الملحق 4-A، نبحث ونعطي أمثلة على إجراء للتعامل مع معدلات متعددة للعائد نادراً ما يجري التعرض لها. وبوجه عام، فإن المعدلات المتعددة لا تعنـــي الكثير فيما يتعلق بأغراض اتخاذ القرار، ولا بد من استخدام طريقة تقويم أخرى (طريقة القيمة الحالية PW، على سبيل المثال).

هناك عائق آخر محتمل أمام طريقة المعدل الداخلي للعائد IRR وهو أنه لا بد من توخي الحذر الشديد عند تطبيقها وتفسيرها في تحليل بديلين أو أكثر إذا كان لا بد من انتقاء أحدهما فقط (أي بدائل استبعادية **mutually exclusive** alternatives). نبحث هذا بتوسع أكبر في الفصل 5. تكمن الميزة الأساسية لهذه الطريقة في كونها تلقى قبولاً واسعاً في الصناعة، حيث تُستخدم روتينياً أنواع متعددة من معدلات العائد والنسب **ratios** في عمليات انتقاء المشاريع. وتنظر الإدارة للفرق بين المعدل الداخلي لعائد مشروع ما والعائد المطلوب (أي MARR) على أنه مقياس أمان للاستثمار. ويدل الفارق الواسع بينهما على هامش أمان أكبر (أو على خطورة نسبية أقل).

[4] انظر: H. Bierman and S. Smidt, *The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of investment projects* (New York: Macmillan Publishing Company, 1984). يعنـــي *مصطلح المعدل الداخلي للعائد* أن قيمة هذا القياس تعتمد فقط على التدفقات النقدية من استثمار ما، وليس على أية افتراضات لمعدلات إعادة الاستثمار: "لا يحتاج المرء لمعرفة معدلات إعادة الاستثمار لحساب المعدل الداخلي للعائد. ومع ذلك فقد يحتاج لمعرفة معدلات إعادة الاستثمار لمقارنة البدائل" (صفحة 34).

7/4 طريقة المعدل الخارجي للعائد[5]

قد لا يكون افتراض إعادة الاستثمار الذي تنطوي عليه طريقة IRR المشار إليه آنفاً، صالحاً في دراسة الاقتصاد الهندسي. فمثلاً، إذا كان مقدار معدل العائد الجذاب الأدنـــى لإحدى الشركات (MARR) 20% في السنة، وكان المعدل الداخلي لعائد أحد المشاريع (IRR) 42.4%، لا يكون من الممكن للشركة أن تعيد استثمار العائدات النقدية الصافية من المشروع بمقدار يفوق بكثير 20%. نتج عن هذا الوضع وعن الاحتياجات الحسابية والمعدلات المتعددة الممكنة للفائدة والمرتبطة بطريقة IRR، نتج عن كل ذلك بزوغ طرائق أخرى لمعدلات العائد يمكن أن تعالج بعض نقاط الضعف تلك.

إحدى تلك الطرائق هي طريقة المعدل الخارجي للعائد (ERR). وهي تأخذ مباشرة بالحسبان معدل الفائدة (ε) الخارجي للمشروع الذي يمكن فيه إعادة استثمار (أو اقتراض) التدفقات النقدية الصافية المولدة (أو المطلوبة) من هذا المشروع خلال عمره. فإذا كان معدل إعادة الاستثمار الخارجي هذا، والذي هو عادة الـــ MARR العائد للشركة، يساوي المعدل الداخلي لعائد المشروع IRR، فإن طريقة ERR (أي طريقة المعدل الخارجي للعائد) تعطي نتائج مماثلة لتلك التـــي تعطيها طريقة IRR (أي طريقة المعدل الداخلي للعائد).

هناك غالباً *ثلاث* خطوات تُستخدم في الإجراء الحسابـــي. أولاً، يُحسم صافي التدفقات النقدية *الخارجة* إلى الزمن صفر (الزمن الحاضر) بمعدل ε% لمدة التركيب الواحدة. ثانياً، تُركّب كل التدفقات النقدية *الداخلة* الصافية للمدة N بمعدل ε%. ثالثاً، يُحدَّد المعدل الخارجي للعائد وهو معدل الفائدة الذي يقيم تكافؤاً بين المقدارين. تُستخدم في هذه الخطوة الأخيرة *القيمة المطلقة* للقيمة الحالية المكافئة لصافي التدفقات النقدية الخارجة بمعدل ε% (الخطوة الأولى). وبصيغة معادلة جبرية، فإن المعدل الخارجي للعائد ERR هو $i'\%$ الذي يكون عنده:

$$\sum_{k=0}^{N} E_k (P/F, \varepsilon\%, k)(F/P, i'\%, N) = \sum_{k=0}^{N} R_k (F/P, \varepsilon\%, N-k) \tag{11.4}$$

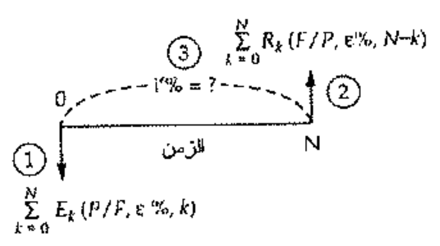
حيث: R_k = فائض الإيرادات على النفقات في المدة k،

E_k = فائض النفقات على الإيرادات في المدة k،

N = عمر المشروع أو عدد المدد المدروسة،

ε = المعدل الخارجي لإعادة الاستثمار للمدة الواحدة.

لدينا بيانياً ما يلي (تتعلق الأعداد بالخطوات الثلاث):



يكون المشروع مقبولاً عندما يكون $i'\%$ العائد لطريقة المعدل الخارجي للعائد ERR أكبر من MARR الشركة أو

---

[5] تعرف هذه الطريقة أيضاً باسم "طريقة المعدل الداخلي للعائد المعدلة" (MIRR). انظر على سبيل المثال: C. S. Park, and G. P. Sharp-Bette, *Advanced Engineering Economy*, New York: John Wiley & Sons, 1990, pp. 223-226

يساويه.

تتمتع طريقة ERR بميزتين مقارنة بطريقة IRR:

1. يمكن عادة حلّها مباشرة دون اللجوء إلى التجربة والخطأ.
2. لا تخضع لاحتمال معدلات عائد متعددة. (*ملاحظة:* يناقش الملحق 4-A مسألة معدل متعدد للعائد في طريقة المعدل الداخلي للعائد).

المثال 4-15

بالعودة إلى المثال 4-11، وبافتراض أن $\varepsilon = \text{MARR} = 20\%$ في السنة. ما المعدل الخارجي لعائد المشروع ERR، وهل المشروع مقبول؟

الحل:

باستخدام المعادلة (4.11)، لدينا العلاقة التالية التي يجب حلها لإيجاد قيمة i':

$$\$25{,}000(F/P, i'\%, 5) = \$8{,}000\,(F/A, 20\%, 5) + \$5{,}000$$

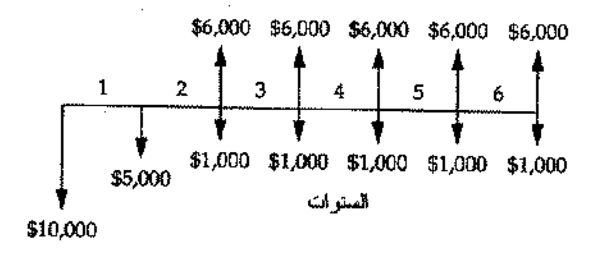
$$(F/P, i'\%, 5) = \frac{\$64{,}532.80}{\$25{,}000} = 2.5813 = (1+i')^5$$

$$i' = 20.88\%$$

ولما كان $i' > \text{MARR}$، فإن المشروع مبرر، ولكنه بالكاد كذلك.

المثال 4-16

عندما تكون $\varepsilon = 15\%$ ويكون $\text{MARR} = 20\ \%$ في السنة، فهل المشروع الذي يظهر مخطط تدفقه النقدي الإجمالي فيما يلي مقبول. لاحظ أن هذا المثال يبيّن استخدام $\varepsilon\%$ المختلفة عن MARR. يمكن لهذا أن يحدث فيما لو عولج جزء من المال المرتبط بمشروع ما، أو كل هذا المال، لسبب أو لآخر، خارج بنية رأس المال الطبيعية للشركة.



الحل:

$$E_0 = \$10{,}000\ (k=0),$$
$$E_1 = \$5{,}000\ (k=1),$$
$$R_k = \$5{,}000\ \text{for}\ k = 2, 3, \ldots, 6.$$

$$[\$10{,}000 + \$5{,}000(P/F, 15\%, 1)](F/P, i'\%, 6) = \$5{,}000(F/A, 15\%, 5);\ i'\% = 14.2\%$$

إن $i'\ \%$ أقل من $\text{MARR} = 20\ \%$؛ لذا فإن المشروع سيكون غير مقبول تبعاً لطريقة المعدل الخارجي للعائد للعائد ERR.

8.4 طريقة مدة السداد (الدفع)

تعبّر كل الطرائق التـي ورد شرحها حتـى الآن عن ربحية بديل مقترح لمدة دراسة N. أما طريقة السداد التـي غالباً ما تدعى *طريقة الدفع البسيط*، فإنها تبين سيولة المشروع *liquidity* وليس ربحيته. تاريخياً، استخدمت طريقة السداد كمقياس لخطورة المشروع، حيث إن السيولة تتعامل مع السرعة التـي يمكن بها استرداد استثمار ما. تعتبر مدة السداد ذات القيمة المنخفضة مرغوبة. وببساطة، فإن طريقة السداد تحسب عدد السنوات المطلوبة كي تصبح التدفقات النقدية الداخلة مساوية بالضبط للتدفقات النقدية الخارجة. لذا فإن مدة السداد البسيطة هي *أصغر* قيمة لـ $\theta(\theta \le N)$ تتحقق عندها هذه العلاقة وفق عرف تدفق نهاية العام النقدي الطبيعي الذي نتبعه. ففيما يتعلق بمشروع يقع فيه استثمار رأس المال كله في الزمن 0، لدينا:

$$\sum_{k=1}^{\theta}(R_k - E_k) - I \ge 0 \qquad (12.4)$$

تتجاهل مدة السداد البسيط θ القيمة الزمنية للمال وجميع التدفقات النقدية التـي تحدث بعد θ. إذا طبقت هذه الطريقة على مشروع الاستثمار في المثال 4-3، فإن عدد السنوات المطلوب كي يتجاوز المجموع غير المحسوم للتدفقات النقدية الداخلة في الاستثمار الأساسي هو أربع سنوات. يظهر هذا الحساب في العمود 3 من (الجدول 4.4). فقط عندما تكون $\theta = N$ (آخر مدة في أفق التخطيط) تكون القيمة السوقية (المستخلصة) متضمنة في تحديد مدة السداد. وكما يظهر من المعادلة (12.4)، فإن فترة التسديد لا تبين أي شيء فيما يتعلق بكون المشروع مرغوباً فيه أم لا، اللهم إلا السرعة التـي سيسترد بها الاستثمار. يمكن أن تؤدي مدة السداد إلى استخلاص نتائج مضللة، وينصح بها كمعلومة إضافية فقط، إضافة إلى واحدة أو أكثر من الطرائق الخمس المشروحة آنفاً.

الجدول 4.4: حساب مدة السداد البسيط (θ) ومدة السداد المحسوم (θ') عند MARR = 20% للمثال 4-3.*

العمود 1 نهاية العام k	العمود 2 التدفق النقدي الصافي	العمود 3 PW التراكمية عند $i = 0\%$/year خلال العام k	العمود 4 PW للتدفق النقدي عند $i = 20\%$/year	العمود 5 PW التراكمية عند $i = 20\%$/year خلال العام k
0	-$25,000	-$25,000	-$25,000	-$25,000
1	8,000	-17,000	6,667	-18,333
2	8,000	-9,000	5,556	-12,777
3	8,000	-1,000	4,630	-8,147
4	8,000	+7,000	3,858	-4,289
5	13,000		5,223	+934
		↑ $\theta = 4$ أعوام لأن الرصيد التراكمي يصبح موجباً في نهاية العام الرابع		↑ $\theta' = 5$ أعوام لأن الرصيد المخفض التراكمي يصبح موجباً في نهاية العام الخامس

* لاحظ أن $\theta' \ge 0$ for $MARR \ge 0\%$

أحياناً تحسب مدة السداد *المحسومة*، $\theta(\theta' \leq N)$، بحيث تؤخذ القيمة الزمنية للمال بالحسبان. في هذه الحالة:

$$\sum_{k=1}^{\theta'} (R_k - E_k)(P/F, i\%, k) - I \geq 0 \qquad (13.4)$$

حيث $i\%$ هي معدل العائد الجذاب الأدنـــى، وI هو استثمار رأس المال الذي يحدث عادة في الزمن الحالي ($k = 0$)، و θ' هي أصغر قيمة تحقق المعادلة (4-13). كذلك يبين (الجدول 4-4) (العمودان 4 و5) تحديد θ' للمثال 4-13. لاحظ أن θ' هي العام الأول الذي تفيض فيه التدفقات النقدية الداخلة المحسومة التراكمية عن مقدار استثمار رأس المال البالغ $25,000. غالباً ما يرغب الصناعيون في الولايات المتحدة بأن تبلغ مدد السداد ثلاثة أعوام أو أقل، وهذا يجعل من المشروع الوارد في المثال 4-3 مشروعاً مرفوضاً مع أنه مربح (PW عند 20% تساوي $934.29).

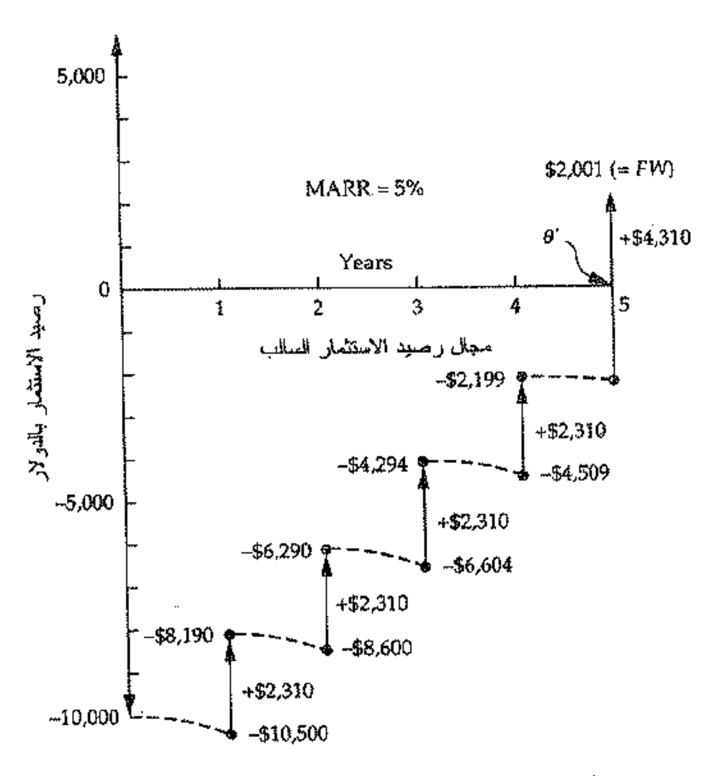
ينتج عن هذا التغير في (θ') لمدة السداد البسيط عمر تعادل *breakeven life* المشروع من منظور القيمة الزمنية للمال. ولكن أيا من حساب مدة السداد لا يتضمن تدفقات نقدية تحدث بعد θ (أو θ'). وهذا يعنـــي أن θ أو (θ') يمكن ألا تأخذ في الحسبان عمر الأصول الفيزيائية المفيد بأكمله. لذا فإن هذه الطرق ستكون مضللة إذا كان هناك بديل واحد له مدة سداد أطول (ومن ثم تكون الرغبة فيه أقل) من بديل آخر، لكنه ينتج معدل عائد أعلى (أو قيمة حالية PW) على رأس المال المستثمر.

لا بد بوجه عام من تفادي استخدام مدة السداد لاتخاذ قرارات استثمار، اللهم إلا لقياس السرعة التـــي سيسترد بها رأس المال المستثمر، وهو مؤشر على مقدار المجازفة في المشروع. تخبرنا طريقتا مدة السداد البسيط والسداد المحسوم كم من الوقت يستغرق تراكم التدفقات النقدية الداخلة من مشروع ما كي تعادل (أو تفيض عن) التدفقات النقدية الخارجة للمشروع. وكلما استغرق استرجاع الأموال المستثمرة وقتاً أطول، كبرت خطورة المشروع الملحوظة.

9.4 مخططات رصيد الاستثمار

هناك طريقة مفيدة أخرى لبيان مقدار الأموال المعطلة في مشروع ما وكيف تُسترد الأموال خلال العمر التقديري للمشروع وهي *مخطط رصيد الاستثمار*. وُضِّحت آليات هذه الطريقة لمشروع محدد في (الشكل 7.4) (حيث حددت i' على أنها المعدل الداخلي للعائد IRR ورسمت المقادير السالبة فوق الخط).

لنفترض أننا عدنا للمثال 4-10 وأننا طورنا مخطط رصيد استثمار لهذا المشروع عندما تكون MARR = 5% في السنة، فإن هذا المخطط يَظهر مع مقادير موجبة فوق محور الزمن في (الشكل 15.4) وهو يزودنا بمجموعة من الـــمعلومات: مدة السداد المحسوم (—θ') هي خمس سنوات، والقيمة المستقبلية FW = $2,001، وللمشروع رصيد استثمار سالب حتـــى نهاية العام الخامس. يكون المستثمر في هذه المغامرة "في خطر" حتـــى العام الأخير من مدة الدراسة. وتلك ليست حال مريحة عندما يخشى المرء أن يخسر مالاً في استثمارات رأس مال مستقبلها غير مأمون. وخلاصة القول أن مخطط رصيد الاستثمار يوفر تبصراً إضافياً في "جدارة" فرصة مقترحة لاستثمار رأس المال، ويساعد في إيصال معلومة اقتصادية هامة.

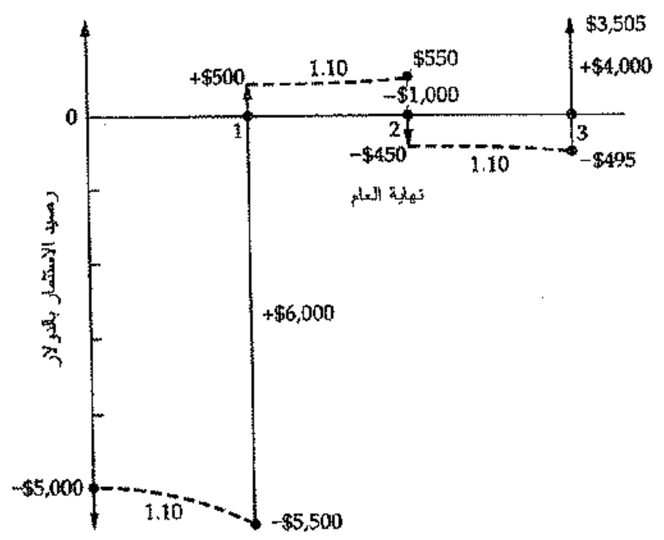


الشكل 15.4: مخطط رصيد الاستثمار العائد للمثال 4-10

المثال 4-17

أنشئ مخطط رصيد استثمار للمشروع الذي يظهر تدفقه النقدي في الجدول الآتـــي (MARR = 10% سنوياً):

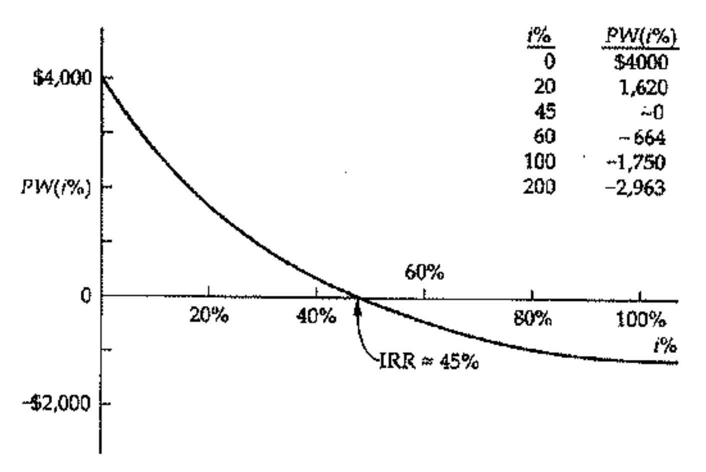
نهاية العام	التدفق النقدي الصافي	ثلاث تغيرات في الإشارة
0	-$5,000	—
1	6,000	من سالب إلى موجب
2	-1,000	من موجب إلى سالب
3	4,000	من سالب إلى موجب



الشكل 16.4: مخطط رصيد الاستثمار العائد للمثال 4-17

الحل:

يَظهر مخطط رصيد الاستثمار في (الشكل 16.4). يمكن ملاحظة تقيد المال بالمشروع في العامين الأول والثالث، وأن تكلفة الاستثمار الأساسي تُستَردّ بالكامل مع نهاية العام الأول. إن إمكانية التعرض للخسارة أقل بكثير في (الشكل 16.4) مما هي عليه في (الشكل 15.4). والواقع أن القيمة المستقبلية FW(10%) = $3,505 و IRR = 45%، وهذا ما يدعم شعورنا الحسن تجاه استثمار رأس المال هذا. إضافة إلى ذلك فإن *المعدل الداخلي للعائد IRR وحيد*، كما يبين الرسم البيانـــي العائد لـــ PW(*i* %) مقابل *i* % في (الشكل 17.4) العائد لهذا الـــمثال. وكلمة وحيد تعنـــي في هذه الحالة أن منحنـــى PW(*i*%) يتقاطع فقط مع محاور*i*% في نقطة واحدة. لذا فإن IRR وحيد، مع أن هناك ثلاثة تغيرات في الإشارة في بروفيل التدفق النقدي العائد للمشروع [6].



الشكل 17.4: المثال 4-17 الرسم البيانـــي للقيمة الحالية *PW* مقابل *i*%

10.4 مثال على استثمار رأس مال مقترح لتحسين عائد العملية

تهدف العديد من المشاريع الهندسية لتحسين الانتفاع من المرافق وعائدات العمليات. يعطي المثال 4-18 تحليل اقتصاد هندسي مرتبط بإعادة تصميم قطعة أساسية في صناعة أشباه النواقل.

المثال 4-18

ينطوي تصنيع أنصاف النواقل على أخذ قرص مسطح من السليكون يدعى الرقاقة **wafer** ووضع عدة طبقات من المواد عليه. يوجد على كل طبقة نموذج يعرف، عند اكتماله، الدارات الكهربائية للمعالج الصغري المنجز. على كل رقاقة من ذات الثمانية بوصات معالجات صغرية يصل عددها إلى المئة. غير أن متوسط الإنتاجية النموذجية لخط الإنتاج يبلغ 75% من المعالجات الصغرية الجيدة في كل رقاقة.

فكّر مهندسو العمليات المسؤولون عن أداة ترسيب الأبخرة الكيميائية (CVD) (أي عن تجهيزات العمليات) التـــي ترسب *واحداً* من الرقائق المتعددة، في تطوير العائد الكلي. فاقترحوا تطوير جهاز تفريغ الأدوات بإعادة تصميم إحدى قطعه الأساسية. ويرى المهندسون أنه سينتج عن المشروع زيادة مقدارها 2% في متوسط عائد إنتاج المعالجات الصغرية

[6] إن وجود أكثر من إشارة تغير في بروفيل التدفق النقدي لمشروع ما إنما هو علامة على إمكانية وجود عدة معدلات داخلية للعائد IRRs (يبحث هذا الموضوع في الملحق 4-A).

الحالية من العيب، للرقاقة الواحدة.

تملك هذه الشركة أداة CVD واحدة فقط، ويمكنها معالجة عشر رقائق في الساعة. ولأداة الـــ CVD معدل استخدام متوسط قدره 80%. تبلغ تكلفة تصنيع الرقاقة الواحدة $5,000، ويمكن بيع معالج صغري جيد بمبلغ $100. تعمل مصانع إنتاج أشباه النواقل ("fabs") تلك 168 ساعة أسبوعياً، ويمكن بيع كل المعالجات الصغرية الجيدة المنتجة.

يبلغ استثمار رأس المال المطلوب للمشروع $250,000، ويتوقع أن تبلغ تكلفة الصيانة والدعم $25,000 شهرياً. يبلغ عمر الأداة المعدّلة خمسة أعوام، وتستخدم الشركة MARR قدره 12% سنوياً (تركب شهرياً) كـــ "معدل الحاجز" لها.

(آ) هل يجب الموافقة على المشروع؟ استخدم طريقة القيمة الحالية PW.

(ب) إذا كان مهندسو العمليات يميلون نحو المبالغة في التحسين الممكن تحقيقه في عائد الإنتاج، فما هي النسبة المئوية لمقدار تحسين العائد التـــي تقع عندها نقطة تعادل المشروع؟

الحل:

(آ) يبلغ متوسط عدد الرقاقات أسبوعياً (10 رقاقات /ساعة) × (168 ساعة/أسبوع) × (0.80) = 1,344. ولما كانت تكلفة الرقاقة الواحدة تبلغ $5,000 وبالإمكان بيع المعالجات الصغرية الجيدة بمبلغ $100 للمعالج الواحد، فإن هناك ربحاً يحقق على كل معالج صغري ينتج ويباع بعد المعالج الخمسين على كل رقاقة. لذا فإن زيادة مقدارها 2% على عائد الإنتاج كلها ربح (أي إنه من 75 معالجاً صغرياً جيداً للرقاقة الواحدة وسطياً ولغاية 76.5). ويكون الربح الإضافي الموافق لكل رقاقة $150. وحيث إن الشهر هو: 52 أسبوعاً في العام ÷ 12شهراً لكل عام = 4.333 أسبوعاً، فإن الربح المضاف شهرياً يبلغ (1,344 رقاقة/ أسبوع) (4.333 أسبوع/شهر) ($150/رقاقة) = $873,533.

لذا فإن القيمة الحالية للمشروع هي:

$$PW(1\%) = -\$250{,}000 - \$25{,}000\,(P/A, 1\%/\text{الشهر، ستون شهراً})$$
$$+ \$873{,}533\,(P/A, 1\%, 60)$$
$$= \$37{,}898{,}813$$

يجب إذن الأخذ بالمشروع.

(ب) عند نقطة التعادل، يساوي الربح الصفر. أي إن القيمة الحالية PW للمشروع تساوي الصفر، أو أن القيمة الحالية PW للتكلفة تساوي القيمة الحاليةPW للعائدات. وبتعبير آخر:

$$\$1{,}373{,}875 = (1{,}344\,\text{wafers/wk}) \times (4.333\,\text{wk/mo}) \times (\$X/\text{wafer}) \times (P/A, 1\%, 60)$$

حيث X = $100 مضروبة بعدد المعالجات الصغرية الإضافية للرقاقة الواحدة:

$$\frac{\$1{,}373{,}875}{44.955\,(1{,}344)\,(4.333)} = X, \text{ or } X \cong \$5.25/\text{wafer}$$

وهكذا فإن $5.25/$100 = 0.0525 معالج صغري *إضافي* للرقاقة الواحدة (أي ما مجموعه 75.0525) يساوي القيمة الحالية للتكاليف بالقيمة الحالية للعائدات. وهذا يوافق زيادة تعادل BE في العائد مقدارها:

$$\frac{1.5\ \text{die/wafer}}{0.0525\ \text{die/wafer}} = \frac{2.0\%\ \text{increase}}{\text{BE increase}}$$

أو زيادة BE في العائد= 0.07%.

11.4 تطبيقات وريقات الجدولة الإلكترونية

قدمنا في هذا الفصل عدة مقاييس للجدارة بغية تقويم المشاريع الهندسية. تحتوي أغلب رزم وريقات الجدولة على إجراءات برمجية (وظائف) مالية يمكن استخدامها لتبسيط حساب هذه المقاييس. في الجدول التالي توصيف للإجراءات البرمجية العائدة لبرنامج مايكروسوفت إكسيل Microsoft Excel ولعواملها:

الإجراء Function	التوصيف
NPV(i, *range*)	يعيد القيمة الحالية الصافية للتدفقات النقدية في *المجال range*، باستخدام i كمعدل الفائدة لمدة واحدة تسبق أول تدفق نقدي في *المجال*.
PMT($i,n,P,F,$[type])	يعيد قيمة دفعات نهاية المدة المنتظمة التـي تدفع على قرض بمعدل فائدة i، مدة سداد n ورأس مال قدره P، أو عندما تعطى لـ P القيمة صفر، يعيد قيمة n دفعات نهاية المدة المنتظمة واللازمة لتراكم مبلغ مستقبلي F، عندما يكون معدل الفائدة i.
FV($i,n,A,P,$[type])	يعيد القيمة المستقبلية (في نهاية المدة n) لـ n دفعة منتظمة تبلغ قيمتها A دولار عندما يكون معدل الفائدة i أو، عندما يعطى لـ A القيمة صفر، يعيد القيمة المستقبلية لـ P، بعد n مدة فائدة.
IRR(*range,guess*)	يعيد المعدل الداخلي لعائد التدفقات النقدية في *المجال range*، حيث *guess* هو تخمين أولي للمعدل الداخلي للعائد IRR. وتعد MARR عادة تخميناً جيداً.
MIRR(*range*, i, ε)	يعيد المعدل الخارجي لعائد التدفقات النقدية في *المجال range*، حيث i هو معدل الفائدة المفروضة على التدفقات النقدية الخارجة وε هو معدل إعادة استثمار التدفقات النقدية الداخلة.
type = 0	تدفق نهاية المدة النقدي
type = 1	تدفق بداية المدة النقدي

تعتمد الإجراءات المالية على الافتراضات التالية التـي تتوافق وتلك التـي يعرضها الكتاب:

1. يظل معدل الفائدة i للمدة الواحدة ثابتاً.
2. هناك مدة واحدة تماماً بين التدفقات النقدية.
3. يبقى طول المدة ثابتاً.
4. يستخدم اصطلاح تدفق نهاية الفترة النقدي.
5. يقع التدفق النقدي الأول في إجراء NPV( ) عند نهاية المدة الأولى.

إجراء NPV( ) هو أكثر الإجراءات المالية فائدة للقيمة المكافئة؛ بيد أنه يجب الانتباه لملاحظة افتراضات هذا الإجراء. صمم الإجراء لحساب القيمة الحالية الصافية لسلسلة تدفقات نقدية. وبناءً على الافتراض الخامس، يكون توقيت القيمة الحالية الصافية المعادة مدة فائدة واحدة قبل التدفق النقدي الأول. لذلك، إذا ضَمِنْتَ مقدار الاستثمار عند $t = 0$ في مدى التدفق النقدي، تكون القيمة الحالية الصافية المعادة من NPV( ) مرتبطة بـ $t = -1$. إحدى الطرق للتصدي لهذه المسألة تكون بتضمين التدفقات النقدية للمدد من 1 وحتـى N في *مجال P* (*P_range*)، ثم إضافة مقدار استثمار رأس المال لهذه القيمة. وتلك هي الطريقة المتبعة في هذا الكتاب.

نحصل على مقاييس جدارة القيمة المكافئة ومعدل العائد بواسطة مجموعات الوظائف التالية:

PW = NPV (MARR, *P_range*) + استثمار رأس المال

AW = -PMT(MARR, *n*, NPV(MARR, *P_range*) + استثمار رأس المال

FW = FV (MARR, *n*, PMT (MARR, *n*, NPV(MARR, *P_range*) + استثمار رأس المال

IRR = IRR (*range*, MARR)

ERR = MIRR (*range*, ε,ε)

يمكن أيضاً حساب مدة السداد لمشروع ما بسهولة باستخدام ورقة جدولة. فمن السهل معرفة مدد السداد البسيطة والمحسومة عن طريق حساب القيمة الحالية المتراكمة مع $i = 0\%$ و i = MARR على التوالي.

	A	B	C	D	E	F
1	مقاييس الجدارة الاقتصادية					
2						
3	MARR		20%			
4	معدل (معدلات) إعادة الاستثمار (ε)		20%			
5						
6		التدفق النقدي	القيمة الحالية		القيمة الحالية التراكمية	
7	نهاية الفترة	الصافي	التراكمية (0%)		(معدل العائد الجاذب الأدنى)	
8						
9	0	$ (25,000)	$ (25,000)		$ (25,000)	
10	1	$ 8,000	$ (17,000)		$ (18,333)	
11	2	$ 8,000	$ (9,000)		$ (12,778)	
12	3	$ 8,000	$ (1,000)		$ (8,148)	
13	4	$ 8,000	$ 7,000	*	$ (4,290)	
14	5	$ 13,000	$ 20,000		$ 934	**
15						
16		القيمة الحالية	$ 934.28			
17		القيمة السنوية	$ 312.41			
18		القيمة المستقبلية	$ 2,324.80			
19						
20		المعدل الداخلي للعائد	21.58%			
21		المعدل الخارجي للعائد	20.88%			
22						
23	ملاحظة:	* تدل على مدة الاسترداد البسيطة				
24		** تدل على مدة الاسترداد المحسوم				

الشكل 18.4: جدول إلكتروني (ورقة جدولة) لحساب مقاييس الجدارة الاقتصادية للمثال 4-11

يُظهر (الشكل 18.4) ورقة جدولة تحسب كل مقاييس الجدارة الاقتصادية التي بُحثت في هذا الفصل للمشروع المقترح في المثال 4-11. يعطي الجدول التالي الصيغ المشار إليها في الخلايا المظللة:

الخلية	المحتوى
C13	= B13 + C12
D13	= IF(AND(C13 >= 0, C12 < 0), "*", "")
E13	= $B$9 + NPV($C$3, B$10 : B13)
F13	= IF(AND(E13 >= 0, E12 < 0), " * *", "")
C16	= NPV($C$3, B10 : B14) + B9
C17	= PMT($C$3, 5, −(NPV($C$3, B10 : B14) + B9))
C18	= FV($C$3, 5, PMT($C$3, 5, (NPV($C$3, B10 : B14) + B9)))
C20	= IRR(B9 : B14, $C$3)
C21	= MIRR(B9 : B14, C4, C4)

12.4 الخلاصة

بحثنا في هذا الفصل خمس طرائق أساسية لتقويم الربحية المالية لمشروع واحد: القيمة الحالية، والقيمة السنوية، والقيمة المستقبلية، والمعدل الداخلي للعائد، والمعدل الخارجي للعائد. قدمنا كذلك ثلاث طرائق إضافية لتقييم سيولة مشروع ما: مدة الإرجاع البسيط، ومدة الإرجاع المحسوم، ومخطط رصيد الاستثمار. كما ناقشنا وأوردنا أمثلة عن الإجراءات الحسابية والافتراضات ومعايير القبول لكل الطرائق. يوفر الملحق B لائحة بالاختصارات والرموز الجديدة التي وردت في هذا الفصل.

13.4 المراجع

CANADA, J. R., W. G. SULLIVAN, and J. A. WHITE. *Capital Investment Decision Analysis for Engineering and Management.* 2nd ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc., 1996).

GRANT, E. L., W. G. IRESON, and R. S. LEAVENWORTH. *Principles of Engineering Economy,* 8th ed. (New York: John Wiley & Sons, 1989).

MORRIS, W. T. *Engineering Economic Analysis.* (Reston, VA: Reston Publishing Co., 1976).

THUESEN, G. J., and W. J. FABRYCKY. *Engineering Economy,* 9th ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, Inc., 2001).

14.4 مسائل

ما لم يرد خلاف ذلك، لا بد من افتراض التركيب المتقطع للفائدة وتدفقات نهاية المدة النقدية في جميع تمارين المسائل التي سترد فيما تبقى من هذا الكتاب. جميع قيم معدل العائد الجذاب الأدنى (MARRs) الواردة هي بقيم سنوية (أي "في السنة"). يدل الرقم الوارد ضمن قوسين في نهاية كل مسألة على فقرة (أو فقرات) الفصل الأوثق صلة بالمسألة.

1.4 "كلما ارتفع معدل العائد الجذاب الأدنى MARR، ارتفع الثمن الذي على الشركة أن تكون مستعدة لدفعه لتجهيزات تخفض نفقات التشغيل السنوية". هل توافق على هذه المقولة؟ اشرح إجابتك. (2.4)

2.4 أنت تواجه اتخاذ قرار بشأن اقتراح استثمار كبير لرأس المال. يبلغ استثمار رأس المال $640,000. يبلغ العائد السنوي المقدر في نهاية كل عام خلال مدة الدراسة البالغة ثمانية أعوام $180,000. تبلغ التكاليف السنوية المقدرة لنهاية العام $42,000، بدءاً من العام الأول. تبدأ هذه التكاليف *بالانخفاض* بمقدار $4,000 في السنة في نهاية العام الرابع وتستمر بالانخفاض حتى نهاية العام الثامن. بافتراض أن القيمة السوقية تبلغ في نهاية العام الثامن $20,000، وأن = MARR

12% في السنة، أجب على الأسئلة التالية. (3.4، 6.4)

أ. ما هي قيمة PW لهذا الاقتراح؟

ب. ما هي قيمة IRR لهذا الاقتراح؟

ج. ما هي مدة الاسترداد البسيط لهذا الاقتراح؟

د. ما الاستنتاج الذي تخرج به فيما يتعلق بقبول هذا الاقتراح؟

3.4

أ. قيّم آلة XYZ على أساس طريقة القيمة الحالية PW، MARR = 12% في السنة. معطيات التكلفة ذات الصلة بالموضوع هي كالتالي: (3.4)

	آلة XYZ
تكلفة الاستثمار	$13,000
العمر المفيد	15 عاماً
القيمة السوقية	$3,000
نفقات التشغيل السنوية	$100
تكلفة الإصلاح- نهاية العام الخامس	$200
تكلفة الإصلاح- نهاية العام العاشر	$550

ب. حدد مقدار استرداد رأس المال للآلة XYZ بالصيغ الثلاث التـــي قدمت في النص. (5.4)

4.4

آ. حدد القيمة الحالية PW والقيمة المستقبلية FW والقيمة السنوية AW للمشروع الهندسي التالي عندما يكون MARR =15% في السنة. هل المشروع مقبول؟ (3.4، 5.4)

	الاقتراح A
تكلفة الاستثمار	$10,000
العمر المتوقع	5 أعوام
القيمة السوقية (المستخلصة)*	-$1,000
الإيرادات السنوية	$8,000
النفقات السنوية	$4,000

* القيمة السوقية السالبة تعنـــي أن هناك تكلفة صافية للتخلص من الأصول

ب. حدد المعدل الداخلي لعائد المشروع IRR. هل هو مقبول؟ (6.4)

ج. ما المعدل الخارجي لعائد المشروع ERR؟ بفرض أن ε = 15% سنوياً. (7.4)

5.4 مزرعة السلمون التـــي يملكها العم ويلبر معروضة الآن للبيع بسعر $30,000. يقدر أن تظل الضرائب السنوية على الملكية وتكاليف الصيانة والمؤن وما إلى ذلك بقيمة $3,000 سنوياً. يتوقع أن تبلغ عائدات المزرعة في العام القادم $10,000، لتنخفض بعد ذلك بمقدار $400 سنوياً حتـــى العام العاشر. إن ابتعت المزرعة، ستخطط للاحتفاظ بها مدة خمسة أعوام فقط ومن ثم تبيعها بقيمة الأرض التـــي تبلغ $15,000. فإذا كان معدل العائد الجذاب الأدنـــى

MARR لك 12% سنوياً، هل عليك أن تصبح مالكاً لمزرعة السلمون؟ استخدم طريقة القيمة الحالية **PW**. (3.4)

6.4 تنظر إحدى الشركات في إنشاء معمل لتصنيع منتج جديد مقترح. تبلغ تكلفة الأرض 300,000$، وتبلغ تكلفة البناء 600,000$، وتبلغ تكلفة المعدات 250,000$، كما يتطلب المشروع رأسمال عامل إضافي قدره 100,000$. من المتوقع أن يعود المنتج بمبيعات قدرها 750,000$ سنوياً ولمدة عشرة أعوام، يمكن عندها بيع الأرض بمبلغ 400,000$، والبناء بمبلغ 350,000$ والمعدات بمبلغ 50,000$. وسيسترد كل رأس المال العامل في نهاية العام العاشر. يقدر إجمالي التكاليف السنوية لليد العاملة والمعدات وكل المواد الأخرى بمبلغ 475,000$. فإذا كانت الشركة ترغب بـــ MARR مقداره 15% سنوياً لمشاريع تنطوي على مجازفة مماثلة، فهل عليها الاستثمار في خط الإنتاج الجديد هذا. استخدم طريقة القيمة الحالية PW. (3.4)

7.4

أ. ارسم مخطط تدفق نقدي للسند الذي بحث في المثال 4-4.

ب. إذا كان السند في المثال 4-4 قد اشتري ليعود بـــ 5% كل ستة أشهر (بدلاً من i =10% في السنة)، فكم يبلغ سعر الشراء الجاري؟ (3.4)

8.4 كم هو المبلغ الذي يمكن أن يدفع ثمناً لسند قيمته 5,000$ بفائدة 10% تدفع نصف سنوياً، إذا كان السند يستحق الأداء بعد اثنـــي عشر عاماً من هذا التاريخ؟ افترض أن الشاري سيكون راضياً بفائدة اسمية قدرها 12% تركب نصف سنوياً. (3.4)

9.4 عُرِض سند عمره 20 عاماً تبلغ قيمته الاسمية 5,000$ للبيع بمبلغ 3,800$. معدل الفائدة الاسمية على السند 7% تدفع نصف سنوياً. عمر هذا السند الآن 8 سنوات. (أي إن المالك استلم 16 دفعة فائدة نصف سنوية). فإذا كان ثمن شراء السند 3,800$، فما المعدل السنوي الفعلي للفائدة الذي يمكن أن يتحقق على فرصة الاستثمار هذه؟ (3.4)

10.4

أ. أصدرت شركة سندات لمدة عشرة أعوام تبلغ قيمتها الظاهرية 1,000,000$ على شكل وحدات قيمة كل منها 1,000$. تدفع فائدة قدرها 8% كل ثلاثة أشهر. فإذا كان أحد المستثمرين يرغب بجنـــي فائدة اسمية قدرها 12% (تركّب كل ثلاثة أشهر) على ما قيمته 10,000$ من هذه السندات، فكم يجب أن يكون ثمن الشراء؟

ب. إذا أرادت الشركة دفع هذه السندات بكاملها في نهاية العام العاشر وإقامة صندوق استهلاك **sinking fund** تكسب 8% تركب نصف سنوياً، فكم تبلغ التكلفة *السنوية* للفائدة والاسترداد؟ (3.4)

11.4 قمت بشراء سند بقيمة 1,000$ بسعر تعادل (قيمة ظاهرية) يعود بفائدة اسمية بمعدل 10% تدفع نصف سنوياً. واحتفظت به مدة 10 أعوام. ثم بعته بثمن أدى إلى عائد فائدة اسمية تبلغ 8% تركب نصف سنوياً على رأسمالك. فكم كان ثمن المبيع؟ (3.4)

12.4 في الأول من كانون الثانـــي 1991، اشترت شركة صغيرة سند BMI بقيمته الظاهرية. يعود هذا السند بفائدة 7.25% كل ستة أشهر (14.5% سنوياً). تبلغ القيمة الظاهرية للسند 100,000$، ويستحق الأداء في 31 كانون الأول 2006. بيع هذا السند في الأول من كانون الثانـــي 2001 بمبلغ 110,000$. فما مقدار معدل الفائدة (لكل ستة

أشهر) الذي جنته الشركة من سند BMI؟ (3.4)

13.4 حصلت سوزي كيو Susie Queue على قرض (رهن) عقاري يبلغ $100,000 على منـــزلها الريفي الفخم في ضاحية فيلادلفيا. تدفع دفعات شهرية بمعدل فائدة اسمية 10% على القرض (تركيب شهرياً) وتبلغ مدة الرهن 30 عاماً. تتوفر حالياً القروض العقارية على المنازل بمعدل فائدة اسمية قدره 7% على قرض مدته 30 عاماً. أقامت سوزي في المنـــزل الريفي مدة عامين فقط، وهي تفكر بإعادة تمويل الرهن بمعدل فائدة اسمي 7%. أخبرتها شركة الرهن أن تكلفة إعادة تمويل الرهن الحالي لمرة واحدة تبلغ $4,500.

كم شهراً على سوزي الاستمرار في العيش في منـــزلها الريفي حتـــى يصبح قرار إعادة التمويل قراراً جيداً؟ معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR لها هو العائد الذي يمكنها أن تكسبه بشهادة إيداع مدتها 30 شهراً تعود عليها بفائدة 1/2% في الشهر (6% فائدة اسمية). (3.4، 5.4)

14.4 في الأول من كانون الثانـــي 1997، اشترى شقيقك سيارة مستعملة بمبلغ $8,200، ووافق على دفع عربون قدره $1,500 وعلى دفع الرصيد على 36 دفعة متساوية، يستحق دفع أول دفعة منها في الأول من شباط. بلغ معدل الفائدة الاسمية 13.8% في السنة تركيب شهرياً. أثناء الصيف، جنـــى أخوك ما يكفي من المال بحيث قرر أن يدفع كامل الرصيد المترتب على السيارة في الأول من أيلول. فكم دفع في الأول من أيلول؟ (3.4)

15.4 يرغب مجمع سكنـــي في تأسيس صندوق نقد في نهاية العام 2002 يزداد مع نهاية العام 2019 ليصبح مبلغاً كبيراً بما يكفي لبناء أسطح جديدة على وحداتها السكنية البالغ عددها 39 شقة. تقدر تكلفة كل سطح جديد بـــ $2,500 في عام 2017، حيث يعاد بناء أسطح 13 شقة. وفي عام 2018، سيعاد بناء أسطح 13 شقة أخرى، لكن تكلفة الوحدة ستكون $2,625. الشقق الأخيرة والبالغ عددها 13 شقة سيعاد بناء سطوحها في عام 2019، بتكلفة قدرها $2,750 للوحدة.

معدل الفائدة الفعلي السنوي الذي يمكن أن يعود به هذا الصندوق هو 4%. فكم هو المبلغ الذي يجب أن يوضع جانباً *كل عام* (أي أن يدّخر) بدءاً من نهاية عام 2003 لتغطية تكلفة بناء الـــ 39 سطحاً جديداً؟ اذكر أية افتراضات تضعها.

16.4 تستخدم شركة Anirup Food Processing Company للصناعات الغذائية طريقة عفا عليها الزمن لملء أكياس بسعة 25 باوند من طعام الكلاب الجاف. وللتعويض عن عدم الدقة في الوزن التـــي يرجع سببها لطريقة التغليف هذه، قدر مهندس العملية في المصنع أن كل كيس يعبأ بوزن إضافي قدره 1/8 باوند وسطياً. هناك الآن طريقة أفضل للتغليف يمكن أن تزيل الزيادة (أو النقصان) في التعبئة. حصة إنتاج المصنع 300,000 كيس سنوياً للأعوام الستة القادمة، ويكلف إنتاج باوند واحد من طعام الكلاب المصنع مبلغ $0.15. ليس للنظام الحالي قيمة سوقية وسيدوم أربعة أعوام أخرى، وللطريقة الجديدة عمر تقديري يبلغ أربعة أعوام وقيمتها السوقية تساوي 10% من تكلفتها الاستثمارية، I. تزيد تكلفة صيانة عملية التغليف الحالية بـــ $2,100 في السنة عن الطريقة الجديدة. فإذا كان الـــ MARR = 12% في السنة لهذه الشركة، فما هي قيمة I التـــي يمكن أن تبرر شراء طريقة التغليف الجديدة؟ (3.4).

17.4 املأ (الجدول P4.17) عندما تكون $P = \$10,000$، $S = \$2,000$ (في نهاية أربعة أعوام)، و$i = 15\%$ في العام.

- أكمل الجدول المرافق وبين أن مقدار استرداد رأس المال CR المنتظم المكافئ يساوي $3,102.12. (5.4)

الجدول P4.17 جدول عائد للمسألة **4-17**

العام	الاستثمار في بداية العام	تكلفة الفرصة البديلة للفائدة (i =15%)	الضياع في قيمة الأصول أثناء العام	استرداد رأس المال للعام
1	$10,000		$3,000	
2			$2,000	
3			$2,000	
4				

4.18 يمكن تأدية خدمة ما بأسلوب مرضٍ باستخدام العملية R التي تبلغ تكلفة استثمار رأسمالها $8,000، وعمرها التقديري 10 أعوام، وليس لها قيمة سوقية، وتبلغ إيراداتها السنوية الصافية (الواردات– النفقات) $2,400. بافتراض أن قيمة MARR هي 18% قبل ضرائب الدخل، جد قيمة FW وقيمة AW لهذه العملية وهل تنصح بها؟ (4.4، 5.4)

4.19 اشتريتَ منذ خمس سنوات عمارة بمبلغ $100,000. بلغت تكلفة صيانتها السنوية $5,000. أنفقت في نهاية العام الثالث $9,000 على إصلاحات للسقف. ومع نهاية العام الخامس (الآن)، بعت المبنى بمبلغ $120,000. أثناء الملكية، أجّرت البناء بمبلغ $10,000 سنوياً، تدفع في *بداية* كل عام. استخدم طريقة AW لتقويم هذا الاستثمار، إذا كان MARR لك هو 8% سنوياً. (5.4)

4.20 بافتراض أن ثمن شراء آلة ما يبلغ $1,000، وأن قيمتها السوقية في نهاية العام الرابع $300، أكمل (الجدول P4.20) (القيم من (آ) وحتى (و)) باستخدام تكلفة فرصة بديلة قدرها 5% في السنة. احسب مقدار استرجاع رأس المال المنتظم المكافئ، استناداً إلى معلومات من الجدول المكتمل. (5.4)

الجدول P4.20 العائد للمسألة **4-20**

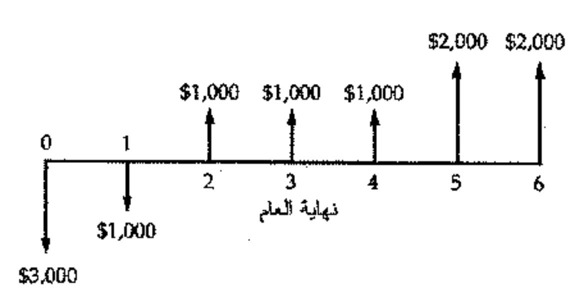
العام	الاستثمار في بداية العام	تكلفة الفرصة البديلة (5% سنوياً)	الضياع في قيمة الأصول خلال العام	مقدار استرجاع رأس المال في العام
1	$1,000	$50	$(آ)	$250
2	(ب)	(ج)	200	240
3	600	30	200	230
4	(د)	20	(هـ)	(و)

4.21 استناداً إلى مخطط التدفق النقدي التالي، أجب عن الأسئلة التالية (3.4، 5.4، 8.4):

أ. عندما $i \to \infty$ فإن PW تساوي ________

ب. مدة الاسترجاع المحسوم (θ') تساوي ______ سنة. ليكن MARR = 12% في السنة.

ج. إذا بلغ التدفق النقدي في نهاية العام السادس (–$2,000) بدلاً من (+$2,000)، فإن AW(0%) = ________



22.4 لدى شركة صناعية فائض كبير في قدرة مصنعها وهي تبحث عن طرق لاستخدامه. دعيت الشركة لتقديم عرض لتعهد ثانوي لمنتج لا ينافس منتجها، ولكن يمكن لمصنعها أن ينتجه بسهولة بإضافة معدات جديدة بقيمة $75,000. يمتد العقد لخمسة أعوام بإنتاج قدره 20,000 وحدة سنوياً.

بتحليل التكاليف المحتملة، قدرت تكلفة اليد العاملة بـــ $1.00 للوحدة، كما قدرت تكلفة الأدوات الجديدة بـــ $0.75 للوحدة. إضافة إلى ذلك، اكتشف أنه في كل وحدة جديدة يمكن استخدام باوند واحد من مواد الخردة scrap material من العملية الحالية، وهي تباع الآن بمبلغ $0.30 للباوند الواحد من الفضلات (الخردة). كانت الشركة تفرض على التكلفة الأولية 150% نفقات عامة، ولكن يعتقد أن النفقات العامة الإضافية لهذه العملية الجديدة، إضافة إلى الصيانة والضرائب والتأمين على المعدات الجديدة، لن تزيد على 60% من التكلفة المباشرة لليد العاملة. تقدّر الشركة أن نفقات صيانة المعدات الجديدة لن تتجاوز $2,000 سنوياً، وأن الضرائب السنوية والتأمين ستبلغ وسطياً 5% من تكلفة الاستثمار. (ملاحظة: التكلفة الأولية = التكلفة المباشرة لليد العاملة + التكلفة المباشرة للمواد والأدوات).

وفي حين أن الشركة لا تجد فائدة واضحة من المعدات بعد مدة السنوات الخمس التـــي هي عمر العقد المقترح، فإن المالك يعتقد أنه بالإمكان بيعها عندئذ بمبلغ $3,000. وهو يرى أن المشروع سيتطلب رأسمال عامل قدره $15,000 (الذي سيسترد بكامله في نهاية العام الخامس)، ويريد أن يجنـــي على الأقل 20% (قبل حساب ضريبة) كمعدل عائد سنوي على كامل رأس المال المستخدم. (3.4، 5.4)

أ. ما السعر الذي يجب عرضه للوحدة؟

ب. بافتراض أن شاري المنتج يريد بيعه بسعر يدر عليه ربحاً قدره 20% على سعر المبيع. فكم يجب أن يكون سعر المبيع؟

23.4 اقترضتَ لشراء سيارة مستعملة مبلغ $8,000 من شركة Loan Shark Enterprises. أخبروك أن معدل الفائدة الذي فرض عليك يبلغ 1% في الشهر لمدة 35 شهراً. فرضوا عليك كذلك مبلغ $200 للتحقق من الاعتماد، وهكذا فقد غادرت الشركة وفي جيبك $7,800. تبلغ الدفعة الشهرية التـــي قاموا بحسابها لك

$$\frac{8{,}000\ (0.01)\ (35) + \$8{,}000}{35} = \$308.57 \text{ شهرياً}$$

فإذا قبلت بهذه الشروط ووقعت العقد، فكم يبلغ المعدل السنوي للنسبة المئوية APR الذي تدفعه؟ (6.4)

24.4 بافتراض أنك اقترضت مبلغ $1,000 من شركة Easy Credit Company وفق اتفاق بدفعه خلال مدة خمسة أعوام. معدل الفائدة المعلن لهذه الشركة 9% في السنة. في تحديدهم للدفعات الشهرية، عرضوا عليك البنود التالية: (6.4)

القرض الأساسي	$1,000
الفائدة الإجمالية: 0.09 (5 أعوام) ($1,000)	$450

طلبوا منك دفع 20% من *الفائدة* فوراً، وبذلك غادرت الشركة وفي جيبك مبلغ $1,000 − $90 = $910. حُسِبَ قسطك الشهري على النحو التالي:

$$\frac{\$1,000+\$450}{60}=\$24.17 \text{ شهرياً}$$

أ. ارسم مخطط تدفق نقدي لهذه الصفقة.

ب. بيّن معدل الفائدة الفعلي *السنوي*.

25.4 لجأ شخص إلى شركة Ajax Loan Company للتسليف للحصول على قرض بمبلغ $1,000 يدفعه على 24 قسطاً شهرياً. أعلنت الشركة عن معدل فائدة قدره 1.5% في الشهر. وقد عمدوا إلى حساب الدفعة الشهرية على النحو التالي:

المبلغ المطلوب	$1,000
التحقق من التسليف	25
التأمين ضد أخطار التسليف	5
المجموع	$1,030
الفائدة: $371=(0.015) (24) ($1,030)	
مجموع المبلغ المستحق: $1,030+ $371 = $1,401	
القسط: $\frac{\$1,401}{24}=\$58.50$	

ما معدل الفائدة السنوي الفعلي الذي يدفعه هذا الشخص إذا ما غادر الشركة وبحوزته $1,000؟

26.4 ارجع للمسألة 25.4 و"للاتفاق" المبين لاحقاً الذي عرض في الواقع على طالب هندسة. وظيفتك تقديم النصح للطالب فيما يتعلق بمعدل الفائدة السنوي الفعلي الحقيقي الذي يفرض على المقترض في الحالة المبينة فيما يلي.

عرض وكيل لشركة Ajax Loan Company للتسليف على الشخص الذي قبل بالشروط الواردة في المسألة 25.4 صفقة خاصة: "إن كنت معنياً بسداد القرض قبل استحقاقه، يمكنني أن أدعك تقوم بهذا. مقابل كل دفعة سابقة مقدارها $58,50، سيسقط شهر مع القسط المقابل له من الجدول الأولي لأقساط سداد القرض وعددها 24 قسطاً".

فإذا كان هذا الشخص يملك المال للدفع قسطين بقيمة $117 خلال الشهرين الأول والثاني، يبقى مبلغ $58,50 مستحقاً في الأشهر 3 حتى 22. ما هو معدل الفائدة السنوي الفعلي في هذه الحالة؟ (6.4)

27.4 بافتراض أن عمرك الآن 20 عاماً. قررت ادّخار $A سنوياً بدءاً من عيد ميلادك الواحد والعشرين وحتى عيد ميلادك الستين. وعندما تصل لسن 60 عاماً تكون قد ادّخرت مبلغاً متراكماً (مركباً) قدره $*F*.

انتظرتْ إحدى صديقاتك خمسة أعوام قبل البدء بخطتها الادخارية. فقد بدأت الادخار في عيد ميلادها السادس والعشرين، وكان لا بد لها من دفع دفعات سنوية بقيمة $2*A* لجمع مبلغ $*F* عندما تبلغ من العمر 60 عاماً.

وصديق آخر أخّر البدء بخطته الادّخارية 10 أعوام من تاريخ بدئك بالادّخار. فوجد أن عليه أن يضع جانباً كل عام مبلغ $4A بدءاً من عيد ميلاده الواحد والثلاثين وحتى عيد ميلاده الستين ليتمكن من جمع مبلغ $*F*.

ما معدل الفائدة السنوي الفعلي (i) الذي يجعل خطط الادخار الثلاث السابقة *متكافئة*؟ ما الذي يمكن أن تستنتجه من هذه المسألة؟

28.4 اقترض شريكك في السكن مالاً من مصرفي بشرط أن يدفع 7% من القرض كل ثلاثة أشهر، إلى أن يدفع ما مجموعه 35 قسطاً. عندها يعتبر القرض قد سدد. ما معدل الفائدة *السنوي* الفعلي الذي دفعه شريكك في السكن؟ حل إذا كان معدل الفائدة حتى أقرب 1/10%. (استخدم الاستيفاء الخطي). (6.4)

29.4 "تدور" آلة غير مجّهزة بمكابح بعد 30 ثانية من قطع مصدر الطاقة عنها عند إكمال كل قطعة منتجة فتحول بذلك دون إخراج القطعة من الآلة. يستغرق إنتاج كل قطعة، عدا زمن التوقف هذا، دقيقتين. تستخدم الآلة لإنتاج 40,000 قطعة سنوياً. يتقاضى عامل التشغيل 16.50$ في الساعة، وتبلغ التكاليف العامة للآلة 4.00$ في الساعة. كم يمكن للشركة أن تدفع ثمناً لمكبح يخفّض زمن التوقف من ثلاثين ثانية إلى ثلاث ثوان، إذا كانت مدة عمره تبلغ خمسة أعوام. بافتراض أن القيمة السوقية = الصفر، وأن MARR = 15% في السنة، وأن تكلفة إصلاح وصيانة المكبح لا تتجاوز بمحملها 250$ في السنة. (3.4)

30.4 قدم لك رئيسك الآن الجدول المرفق الذي يحتوي على ملخص عن التكاليف المتوقعة والعائدات السنوية لخط إنتاج جديد. وطلب منك حساب IRR لفرصة الاستثمار هذه. ما الذي ستقدمه لرئيسك وكيف ستفسر نتائج تحليلك؟ (من المعروف على نطاق واسع أن الرئيس يحب لهذا النوع من المسائل رؤية رسوم بيانية تظهر القيمة الحالية مقابل معدل الفائدة). الـ MARR للشركة هو 10% في السنة. (6.4)

نهاية العام	التدفق النقدي الصافي
0	$450,000 −
1	42,500 −
2	92,800 +
3	386,000 +
4	614,600 +
5	$202,200 −

31.4 بين IRR الواحد (والوحيد) في كل من الحالات التالية: (6.4)

أ.

نهاية العام	التدفق النقدي
3-0	0
4	$1,000 −
5	300
6	300
7	300 (الجواب = 15.2%)
8	300
9	300

ب.

نهاية العام	التدفق النقدي
0	$1,800 −
1	700 −
2	1,830 (الجواب = 18.8%)
3	1,830

ج.

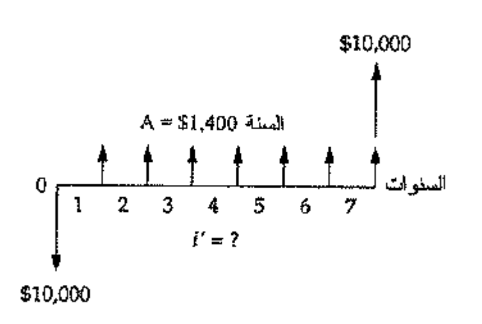
نهاية العام	التدفق النقدي
0	$450 −
1	42.5 −
2	92.8
3	386.0 (الجواب = 21.5%)
4	614.6
5	202.2 −

د.

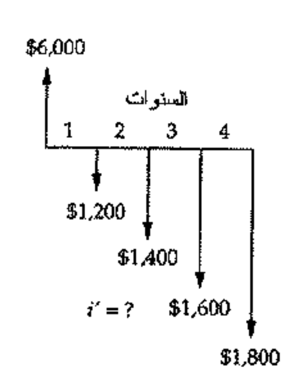
نهاية العام	التدفق النقدي
0	0
1	$3,000 −
2	1,000
3	1,900 (الجواب = 20%)
4	800 −
5	2,720

32.4 جد IRR في كل من الحالات التالية:

أ.



ب.



ج. اشتريت سيارة مستعملة بمبلغ $4,200. بعد أن دفعت عربوناً على السيارة قدره $1,000، نظر البائع إلى دفتر *تسهيل حسابات الفائدة* وقال: "ستكون الدفعة الشهرية $160 خلال الأربع والعشرين شهراً القادمة. وتستحق الدفعة الأولى بعد شهر من هذا التاريخ." (ارسم مخطط التدفق النقدي).

33.4 أعد العمل بالجزء (أ) من المسألة 32.4 باستخدام طريقة ERR حيث $\in = 8\%$ في السنة. (7.4)

34.4 ارسم بيانياً PW للجزء (أ) من المسألة 32.4 بدلالة معدل الفائدة. MARR يساوي 8% سنوياً. (3.4)

35.4 ارسم مخطط رصيد استثمار للجزء (أ) من المسألة 32.4 باستخدام i = IRR (المحدد في تلك المسألة). (9.4)

36.4 تنطوي شهادة قسيمة – صفر zero-coupon certificate دفعة لمبلغ محدد من المال الآن مع سحب مستقبلي لمبلغ مجمل متراكم. لا تدفع الفائدة التـــي تجنيها الشهادة دورياً، بل تركّب لتصبح المكون الرئيسي للمبلغ المتراكم المدفوع عندما يستحق دفع الشهادة. بافتراض أن شهادة قسيمة – صفر أصدرت في 25 آذار (مارس) 1993، وأنها تستحق الدفع في 30 كانون الثانـــي (يناير) 2010. من يشتري شهادة بقيمة $13,500 يحصل على شيك بقيمة $54,000 عند استحقاق الشهادة. ما معدل الفائدة السنوي (العائد) الذي يجنيه صاحب الشهادة؟ افترض أن التركيب شهري. (3.4)

37.4 اشتَريتْ شركة صغيرة الآن بمبلغ $23,000 ستخسر كل عام $1,200 في الأعوام الأربعة الأولى. سينتج عن استثمار مبلغ إضافي في الشركة قدره $8,000 خلال الأعوام الأربعة الأولى ربح قدره $5,500 كل عام بدءاً من العام الخامس وحتـــى العام الخامس عشر. وفي نهاية الأعوام الخمسة عشر، يمكن بيع الشركة بمبلغ $33,000.

أ. حدد قيمة IRR. (6.4)

ب. احسب FW إذا كان MARR = 12%. (4.4)

ج. احسب ERR عندما ε = 12%. (7.4)

38.4 ارسم مخطط رصيد الاستثمار للمسألة 30.4. ما التبصر الإضافي الذي تكتسبه فيما يتعلق بربحية خط الإنتاج الجديد هذا وسيولته؟ (9.4)

39.4 يمكن الحصول على شهادة تأمين عادية على الحياة بقيمة $20,000 لأنثى تبلغ من العمر 22 عاماً بقسط سنوي بقيمة $250 تقريباً. هذا النوع من بوليصة التأمين يعود عند الوفاة بتعويض قدره $20,000 مقابل أقساط تأمين سنوية قدرها $250 يدفعها مدى الحياة الشخص المؤمن على حياته. فإذا كان وسطي معدل الحياة المتوقع لأنثى تبلغ من العمر 22 عاماً هو 77 عاماً، فما معدل الفائدة الذي يقيم تكافؤاً بين التدفقات النقدية الخارجة والتدفقات النقدية الداخلة لهذا النوع من بوليصة التأمين؟ افترض أن كل أقساط التأمين تدفع على أساس بداية العام وأن آخر قسط يدفع في عيد ميلاد الأنثى السادس والسبعين. (6.4)

40.4 قوِّم مقبولية المشروع التالي باستخدام كافة الطرائق المبينة في الفصل 4. ليكن MARR = ε = 15% في السنة، والحد الأدنـــى المقبول لـــ θ = 5 سنوات، والحد الأقصى المقبول θ' = 6 سنوات.

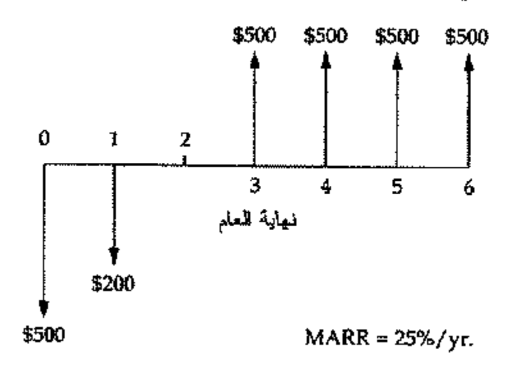
المشروع: R137-A

العنوان: Syn-Tree Fabrication

التوصيف: إقامة تسهيلات إنتاجية لتصنيع أشجار نخيل اصطناعية لتباع في منطقة منتجعات في ألاسكا.

تقديرات التدفق النقدي	
العام	المبلغ (مقدرا بالآلاف)
0	- $1,500
1	200
2	400
3	450
4	450
5	600
6	900
7	1,100

41.4 ارجع إلى مخطط التدفق النقدي التالي:



أ. ما عمر التعادل [θ']لهذا المشروع؟ (8.4)

ب. ما معدل فائدة التعادل (i')؟ (6.4)

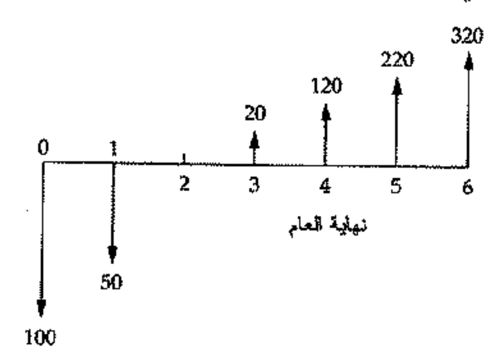
ج. ارسم مخطط رصيد الاستثمار (9.4)

42.4 تُنتج شركة Going Aircraft Corporation يدوياً بعض المجموعات الفرعية بتكلفة عمالة مباشرة تبلغ $100,000 في السنة. يمكن إدارة هذا العمل اليدوي آلياً بالكامل بحيث يُقتصَد $80,000 من تكاليف العمالة المباشرة و$20,000 من تكاليف العمالة غير المباشرة والنفقات العامة كل عام. ستبلغ تكلفة الصيانة السنوية للنظام المؤتمت $10,000، كما ستبلغ قيمته السوقية (المستخلصة) $7,000 في أي وقت لاحقاً. العمر المفيد للنظام من 5 إلى 10 أعوام ضمناً.

أ. إذا كان MARR للشركة يساوي 12% في السنة، ارسم مخططاً بيانياً يظهر كم من المال يمكن إنفاقه على التجهيزات المؤتمتة. (تلميح: ارسم PW للتدفقات النقدية الموجبة مقابل العمر المفيد) (3.4)

ب. عندما تكون $N = 6$ أعوام، و$P = \$344,000$، ما هي مدة الاسترداد البسيطة؟ (8.4)

43.4 انظر إلى مخطط التدفق النقدي التالي:



أ. إذا كان MARR = 15% في السنة، فهل هذا المشروع مربح من الناحية المالية؟ (3.4)

ب. احسب مدة الاسترداد البسيطة، θ. (8.4)

ج. احسب مدة الاسترداد المحسومة θ'. (8.4)

44.4 تُظهر شركة Advanced Manufacturing Technology (AMT) عادة عائدات سنوية صافية تزداد بوضوح منذ مدة طويلة. يمكن لمشروع في هذه الشركة أن يكون مربحاً على المدى البعيد قياساً على IRR، لكن مدة الاسترداد البسيطة يمكن ألا تكون مقبولة. قوّم مشروع الشركة هذا عندما يكون MARR لهذه الشركة 15% في السنة، والحد

الأقصى لمدة الاسترداد المسموح به ثلاثة أعوام: (6.4)، (8.4)

استثمار رأس المال في الزمن 0	$100,000
صافي العائدات في العام k	$\$20,000 + \$10,000 \cdot (k-1)$
القيمة السوقية (المستخلصة)	$10,000
العمر	5 أعوام

أ. المعدل الداخلي للعائد IRR يساوي ______. استخدم الاستيفاء الخطي لتحديد IRR.

ب. مدة الاسترداد البسيطة تساوي ______.

ج. ما هي توصياتك؟

45.4 أتيحت لإحدى الشركات فرصة الاضطلاع بمشروع إعادة تنمية في منطقة صناعية من إحدى المدن. ليس هناك استثمار مباشر مطلوب، ولكن سيكون على الشركة تدمير الأبنية القائمة خلال مدة أربعة أعوام، كما أن عليها في نهاية العام الرابع استثمار مبلغ $2,400,000 لإقامة أبنية جديدة. وستقوم الشركة بتحصيل كل العائدات ودفع كل التكاليف خلال مدة عشرة أعوام تنتقل بعدها ملكية المشروع برمّته، إضافة إلى الممتلكات المرتبطة به، إلى المدينة. تقدر التدفقات النقدية على النحو التالي:

نهاية العام	التدفق النقدي الصافي
1	$500,000
2	300,000
3	100,000
4	− 2,400,000
5	150,000
6	200,000
7	250,000
8	300,000
9	350,000
10	400,000

ضع ضمن جدول، القيمة الحالية PW مقابل معدل الفائدة، وحدد فيما إذا كان هناك معدلات متعددة لـ IRR. وفي حال وجودها، استخدم طريقة IRR عندما $\varepsilon = 8\%$ في السنة لتحديد معدل العائد. (7.4)

46.4 مشروع تساوي عائداته الصافية الآن $1,000، وتبلغ تكلفته في نهاية العام الأول $5,000، ويربح في نهاية العام الثانـــي $6,000.

أ. بين أن معدلات متعددة للعائد موجودة لهذه المسألة عند استخدام طريقة المعدل الداخلي للعائد IRR ($i' = 100\%$, 200%). (الملحق A-4).

ب. إذا توفر معدل إعادة استثمار خارجي قدره 10%، ما هو معدل عائد هذا المشروع باستخدام طريقة المعدل الخارجي للعائد ERR؟ (7.4)

47.4 نجم عن الاستكشاف عن النفط في طبقة الصخور القارية الخارجية الذي قامت به شركة تنقيب صغيرة ومستقلة النموذج التالي الغريب بعض الشيء للتدفقات النقدية:

نهاية العام	التدفق النقدي الصافي
0	− $520,000
10-1	+ 200,000
10	− 1,500,000

إن النفقة البالغة $1,500,000 في نهاية العام العاشر ستتكبدها الشركة نتيجة لتفكيك منصة الحفر.

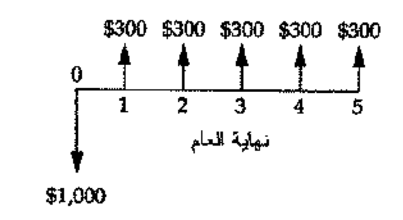
أ. طوال مدة العشرة أعوام، ارسم القيمة الحالية PW مقابل معدل الفائدة (i) في محاولة لمعرفة وجود لمعدلات العائد المتعددة. (6.4)

ب. استناداً إلى التدفقات النقدية الصافية المتوقعة، وإلى نتائج الجزء (أ)، بماذا توصي فيما يتعلق بمتابعة المشروع؟ فيما يتعلق بالزبون، تتوقع الشركة أن تربح على الأقل 20% سنوياً على رأس المال المستثمر قبل دفع الضرائب. استخدم طريقة المعدل الخارجي للعائد ERR ($\epsilon = 20\%$). (7.4)

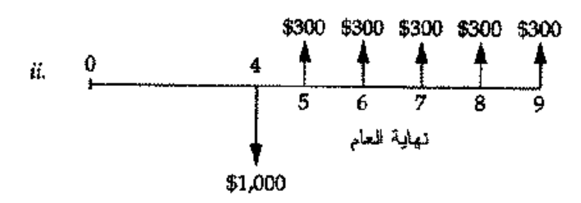
48.4

أ. احسب المعدل الداخلي للعائد لكل مخطط من مخططات التدفق النقدي الثلاثة المبينة فيما يلي. استخدم نهاية العام 0 في حالة i ونهاية العام 4 في حالة ii وiii كنقاط مرجعية للزمن. ما الذي يمكنك استنتاجه حول "انتقال السنة المرجعية" وقضايا "التناسب" في طريقة المعدل الداخلي للعائد IRR؟

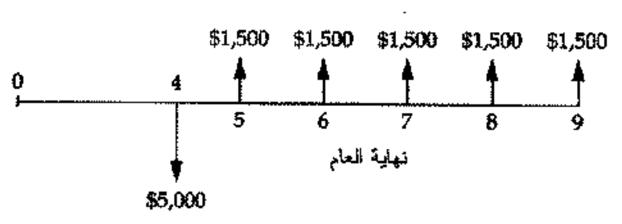
ب. احسب القيمة الحالية PW إذا كان MARR = 10% سنوياً في نهاية العام 0 في حالة i ونهاية العام 4 في حالة ii و iii. كيف تقارن طريقتـــي المعدل الداخلي للعائد IRR والقيمة الحالية PW؟



ii.



iii.



49.4 في اجتماع الرابع من تموز العائلي الذي جرى في الصيف الماضي، علم عمك سيدنسي بأنك درست مقرراً في الاقتصاد الهندسي. وقد عمل العم سيدنســي ميكانيكياً ماهراً لدى شركة فورد للمحركات منذ عام 1965. وقد أظهر

أثناء النـــزهة فضولاً حول أمرين اثنين، فطرح عليك هذه الأسئلة المتعلقة بمقرر الاقتصاد الهندسي:

أ. يفكر عمك بالتقاعد المبكر عندما يبلغ عمره 62 عاماً (عمره الآن 54 عاماً)، وسيحصل عندئذ على شيك شهري من الضمان الاجتماعي بمبلغ $800. وكبديل عن ذلك يمكنه الانتظار حتـــى سن 65 عاماً للبدء باستلام شيك شهري من الضمان الاجتماعي بمبلغ $1,000. فإذا استنتجت أن MARR الشخصي له هو نحو 1/2% في الشهر (معتدل)، فكم سيكون عمر عمك عندما يصبح كلا مخططي الضمان الاجتماعي مرغوباً به بنفس القدر بالنسبة له؟ ما النصيحة التـــي يمكنك أن تسديها له؟

ب. بالعودة إلى الجزء (أ)، ماذا سيكون الجواب لو أن MARR لعمك هو 1.5% في الشهر؟ (يعتبر في هذه الحالة عمك مستثمراً مغامراً بكل معنـــى الكلمة!) ما الذي يمكنك تعميمه من إجابتك على الجزئين (ب) و(ج)؟

ج. بفرض أن MARR لعمك هو 0%، فما الذي عليه أن يفعله عندئذ؟

50.4. تُنتج إحدى الشركات مادة إنتاج – واسع تباع الوحدة منها بثمن $0.75. تبلغ تكلفة الإنتاج المتبدلة $0.30 للوحدة. بإمكان الشركة إنتاج وبيع 10,000,000 وحدة سنوياً إذا عملت بطاقة كاملة.

الصفة الحرجة التـــي تنسب لهذا المنتج هي الوزن. تسعى الشركة لأن يكون الوزن 1,000 غرام، وحدود المواصفات ±50 غرام. آلة التعبئة المستخدمة لتوزيع المنتج قادرة على أوزان تتبع التوزيع الطبيعي بمتوسط (μ) قدره 1,000غ وانحراف معياري (σ) مقداره 40غ. وبسبب الانحراف المعياري الكبير (بدلالة حدود المواصفات)، فإن 21.12% من إجمالي الوحدات المنتجة لا تقع ضمن حدود المواصفات. (فهي إمّا أن يكون وزنها دون 950غ، وإمّا أن يزيد عن 1050غ). وهذا يعنـــي أن 2,112,000 وحدة من بين 10,000,000 وحدة منتجة غير مطابقة لحدود المواصفات ولا يمكن بيعها دون أن يعاد العمل بها.

بفرض أن الوحدات غير المطابقة يمكن إعادة صياغتها بحيث تتلاءم مع المواصفات بتكلفة إضافية ثابتة قدرها $0.10 للوحدة. يمكن بيع الوحدات المعاد العمل بها بسعر $0.75 للوحدة. قدّر أن الطلب على هذا المنتج سيظل بمعدل 10,000,000 وحدة سنوياً للأعوام الخمسة القادمة.

لتحسين جودة هذا المنتج، تدرس الشركة شراء آلة تعبئة جديدة. سيكون باستطاعة هذه الآلة الجديدة تعبئة المنتج بأوزان تتبع توزيعاً طبيعياً بـــ $\mu = 1{,}000g$ و$\sigma = 20g$. نتيجة لذلك ستنخفض نسبة الوحدات غير المطابقة إلى 1.24% من الإنتاج. تبلغ تكلفة الآلة الجديدة $710,000 وتدوم على الأقل خمسة أعوام. بعد انقضاء الأعوام الخمسة، يمكن بيع الآلة بمبلغ $100,000.

أ. إذا كان معدل العائد الجذاب الأدنـــى MARR لهذه الشركة 15% سنوياً، فهل شراء الآلة الجديدة لتحسين الجودة (تقليص المتغيّرية) جذاب اقتصادياً؟ استخدم طريقة القيمة السنوية AW لإعطاء توصياتك.

ب. احسب المعدل الداخلي للعائد IRR، ومدة الاسترداد البسيطة، ومدة الاسترداد المحسومة للاستثمار المقترح.

ج. ما العوامل الأخرى، إضافة إلى تخفيض التكاليف الإجمالية لإعادة العمل، التـــي يمكن أن تؤثر على قرار الشركة فيما يتعلق بتحسين الجودة؟

الملحق A-4 مسألة المعدل المتعدد للعائد مع طريقة المعدل الداخلي للعائد IRR

كلما استخدمت طريقة المعدل الداخلي للعائد وقلبت التدفقات النقدية إشارتها (من تدفق نقدي خارج صافٍ إلى

تدفق نقدي داخل صاف أو العكس) أكثر من مرة خلال مدة الدراسة، فإن على المرء التنبه إلى الاحتمال الضئيل نسبياً بعدم وجود معدل فائدة أو وجود معدلات فائدة متعددة. والواقع، أن العدد *الأقصى* للمعدلات الداخلية للعائد IRRs الممكنة في المجال (∞ ,1−) لأي مشروع كان، يساوي عدد انقلابات إشارة التدفق النقدي خلال مدة الدراسة. *إن أبسط طريقة للتحقق من وجود معدلات داخلية متعددة للعائد هي أن نرسم بيانياً القيمة المكافئة (مثلاً القيمة الحالية PW) مقابل معدل الفائدة.* فإذا تقاطع الخط البياني أكثر من مرة مع محور معدل الفائدة، فهذا يعني وجود معدلات داخلية متعددة للعائد ومن ثم فإنه يوصى باستخدام طريقة تكافؤ أخرى لتحديد مقبولية المشروع.

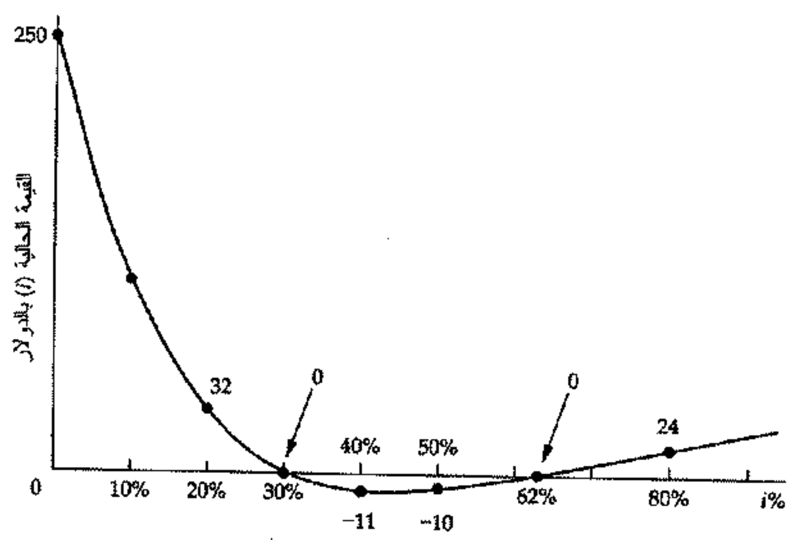
كمثال على ذلك، انظر المشروع التالي الذي يرغب فيه بمعدل داخلي للعائد:

المثال 1-A-4

ارسم القيمة الحالية مقابل معدل الفائدة للتدفقات النقدية التالية. هل هناك معدلات داخلية متعددة للعائد IRRs؟ إذا كان الجواب بالإيجاب فما معنى ذلك؟

السنة k	التدفق النقدي الصافي	i%	PW (i %)
0	$500	0	$250
1	-1,000	10	150
2	0	20	32
3	250	30	~0
4	250	40	-11
5	250	62	~0
		80	24

وهكذا، فإن القيمة الحالية PW للتدفقات النقدية الصافية تساوي الصفر عند معدلات فائدة قدرها قرابة 30% و62%، أي إن هناك فعلاً معدلات داخلية متعددة للعائد. وحيثما توجد معدلات داخلية متعددة للعائد، وهذا نادر الحدوث، من الأرجح أن أياً منها غير صحيح.



في هذه الحالة، يمكن استخدام طريقة المعدل الخارجي للعائد ERR لنقرر جدوى المشروع. أو أنه عادة ما يكون لدينا

خيار استخدام طريقة القيمة المكافئة. في المثال 4-A-1، إذا بلغ المعدل الخارجي لإعادة الاستثمار 10% (ε) في السنة، فإننا سنرى أن ERR يبلغ 12.4%:

$$\$1{,}000(P/F, 10\%, 1)(F/P, i'\%, 5) = \$500(F/P, 10\%, 5) + \$250(F/A, 10\%, 3)$$
$$(P/F, 10\%, 1)(F/P, i', 5) = 1.632$$
$$i' = 0.124(12.4\%).$$

إضافة إلى ذلك فإن PW(10%) = $105، لذا فإن كلتا طريقتـــي ERR وPW تبيّنان أن هذا المشروع مقبول عندما يبلغ معدل العائد الجذاب الأدنـــى (MARR) 10% في السنة.

المثال 4-A-2

استخدم طريقة ERR لتحليل نموذج التدفق النقدي الذي يظهر في الجدول المرافق. المعدل الداخلي للعائد IRR غيـــر محدد (لا وجود له)، لذا فإن IRR ليس إجراء يمكن العمل به. يبلغ المعدل الخارجي لإعادة الاستثمار 12%(ε) في السنة، وMARR يساوي 15%.

السنة	التدفقات النقدية
0	$5,000
1	-7,000
2	2,000
3	2,000

الحل:

تعطي طريقة ERR النتيجة التالية:

$$\$7{,}000(P/F, 12\%, 1)(F/P, i'\%, 3) = \$5{,}000(F/P, 12\%, 3) + \$2{,}000(F/P, 12\%, 1) + \$2{,}000$$
$$(F/P, i', 3) = 1.802$$
$$i' = 21.7\%.$$

وبذلك فإن ERR أكبر من MARR. أي إن المشروع الذي لديه نموذج التدفق النقدي هذا سيكون مقبولاً. إن القيمة الحالية PW عند 15% تساوي $1,740.36، وهذا يؤكد مقبولية المشروع.



الفصل الخامس

مقارنة البدائل

الهدف الأساس لهذا الفصل الخامس هو تطوير وشرح التحليل الاقتصادي ومقارنة بدائل التصميم الاستبعادية للمشروع الهندسي.

يناقش هذا الفصل التطبيقات التالية:

المفاهيم الأساسية لمقارنة البدائل.

مدة الدراسة (التحليل).

الأعمار المحدية مساوية لمدة الدراسة.

الأعمار المحدية مختلفة فيما بين البدائل.

طريقة القيمة الرأسمالية.

التركيبات الاستبعادية Mutually exclusive combinations للمشاريع.

1.5 مدخل

يمكن إنجاز معظم المشاريع الهندسية بأكثر من بديلٍ مجدٍ للتصميم. وعندما يؤدي اختيار أحد هذه التصاميم إلى استبعاد اختيار أي من التصاميم المتبقية، فإن البدائل في هذه الحالة تدعى البدائل *الاستبعادية** *Mutually exclusive*. تتطلب البدائل المدروسة استثمار مبالغ مختلفة من رأس المال، وقد تختلف عائداتها السنوية وتكاليفها السنوية. ويمكن أن يكون للبدائل أعمار مجدية مختلفة في بعض الأحيان. ولما كانت المستويات المختلفة من الاستثمار تؤدي عادة إلى نتائج اقتصادية مختلفة، فينبغي إنجاز التحليل لتحديد أفضل البدائل الاستبعادية، ومن ثم رأس المال الذي ينبغي استثماره.

ناقشنا في الفصل 1 أسلوباً يتألف من سبع خطوات لإنجاز دراسات الاقتصاد الهندسي. وفي هذا الفصل، سنتناول الخطوة 5 (تحليل ومقارنة البدائل المجدية) والخطوة 6 (اختيار البديل الأفضل) من هذا الأسلوب، وسنقارن البدائل الاستبعادية على أساس الاعتبارات الاقتصادية فقط.

وفي هذا الفصل ستستخدم في التحليل خمسٌ من الطرائق الأساسية التي نوقشت في الفصل 4 لتحليل التدفقات النقدية وهي (ERR, IRR, FW, AW, PW). وتوفر هذه الطرائق أساس المقارنة الاقتصادية للبدائل للمشروع الهندسي. وعند تطبيقها بأسلوب صحيح، تؤدي هذه الطرائق إلى الاختيار الصحيح للبديل الأفضل من مجموعة من البدائل الاستبعادية. أما مقارنة البدائل الاستبعادية باستخدام طريقة نسبة – المنفعة – التكلفة فيناقش في الفصل 11.

---

* البدائل الاستبعادية mutually exclusive alternatives هي البدائل التـي لا يمكن أن تكون صحيحة في آن معاً، بل ينفي (يلغي) أحدها الآخر. (المترجم).

2.5 المفاهيم الأساسية لمقارنة البدائل

ركز المبدأ 1 (الفصل 1) على أن الاختيار (القرار) يكون بين البدائل. ويجب أن تجسد هذه الاختيارات الغرض الأساسي لاستثمار رأس المال؛ بمعنـــى، الحصول على الأقل على MARR لكل دولار يتم استثماره. وهناك عادة عدد محدود من البدائل المجدية (الممكنة) ينبغي دراستها للمشروع الهندسي. وتصبح مسألة القرار المتعلق بأي البدائل الاستبعادية ينبغي اختياره أسهل إذا اعتمدنا هذه القاعدة التـــي تستند إلى المبدأ 2 في الفصل 1: *نختار البديل الذي يتطلب أقل استثمار من رأس المال ويؤدي إلى نتائج وظيفية مرضية ما لم يكن التزايد في رأس المال الذي يتطلبه البديل ذو الاستثمار الأكبر مبرراً بالنسبة لتزايد منافعه.*

وفق هذه القاعدة، يعتبر البديل المقبول الذي يتطلب أقل استثمار من رأس المال بأنه *البديل الأساسي*. ويؤدي استثمار أموال إضافية فوق تلك المطلوبة من قبل البديل الأساسي عادة إلى زيادة السعة (الطاقة)، أو زيادة الجودة، أو زيادة العائدات، أو تخفيض نفقات التشغيل، أو زيادة العمر. لذلك ينبغي، قبل استثمار الأموال الإضافية، إثبات أن كل زيادة يمكن تجنبها في رأس المال يمكن تبريرها لفرص الاستثمار الأخرى.

باختصار، إذا كانت المنافع الإضافية الناجمة عن استثمار أموال إضافية أفضل من التـــي يمكن الحصول عليها من استثمار رأس المال نفسه في مكان آخر في الشركة عند MARR، فينبغي المضي في الاستثمار. وإذا لم تتحقق هذه الحالة، فيجب وبوضوح عدم استثمار أي مبلغ يتجاوز المبلغ الأدنـــى من المال اللازم، ومن ضمن ذلك إمكانية عدم القيام بشيء على الإطلاق. وببساطة، يجري الحفاظ على قاعدتنا ما دام الاستثمار يحقق معدلاً للعائد أكبر أو يساوي MARR.

1.2.5 مشروعات وبدائل الاستثمار والتكلفة

يمكن توضيح السياسة الأساسية لمقارنة البدائل الاستبعادية في مثالين. يتضمن *المثال الأول* حالة مشروع استثمار. البديلان A و B *بديلان استثماريان* استبعاديان مع تقدير للتدفقات النقدية الصافية[1]. *إذ إن البدائل الاستثمارية هي البدائل التـــي تنطوي على استثمار / استثمارات رأسمالية أولية (في بداية المشروع) تؤدي إلى تدفقات نقدية موجبة من زيادة العائدات، أو التوفير الناجم عن تخفيض التكاليف، أو كليهما*. ويبلغ العمر المجدي لكل بديل في هذا المثال أربع سنوات.

	البديل	
	A	B
الاستثمار الرأسمالي	-$60,000	-$73,000
العائدات السنوية مطروحاً منها النفقات	22,000	26,225

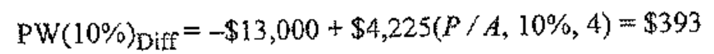
يبين (الشكل 1.5) مخططات التدفق النقدي للبديلين A وB، وللفروق السنوية (سنة بسنة) بين هذين البديلين، (أي B ناقص A). وتصور هذه المخططات بدائل المشروع الاستثمارية. وفي هذا المثال الأول، وعند MARR = 10% سنوياً، فإن قيم PW هي:

$$PW\,(10\%)_A = -\$60{,}000 + \$22{,}000\,(P/A,\,10\%,\,4) = \$9{,}738$$

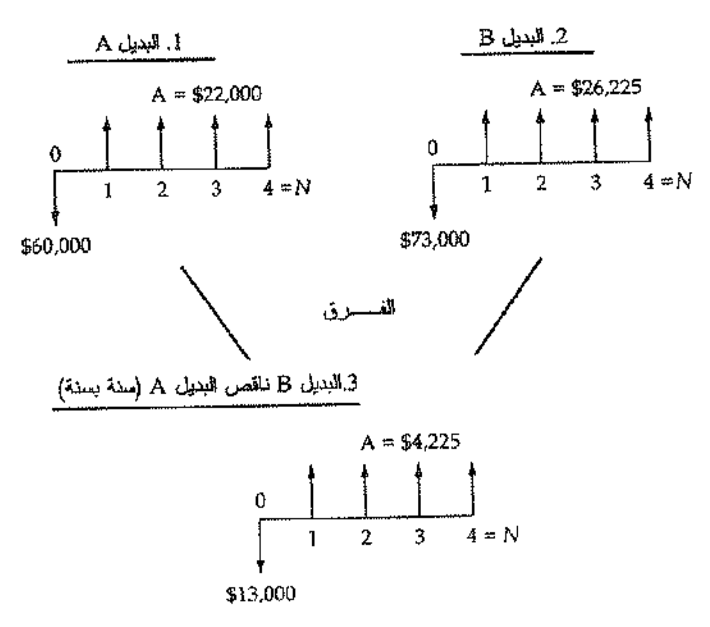
[1] في هذا الكتاب، يشير تعبيرا التدفق النقدي الصافي، والتدفق النقدي إلى الشيء نفسه عند الإشارة إلى التدفقات النقدية الداخلة والتدفقات النقدية الخارجة للبديل.

$$PW\ (10\%)_B = -\$73{,}000 + \$26{,}225\ (P/A,\ 10\%,\ 4) = \$10{,}131$$

ولما كان PW_A أكبر من الصفر عند i = MARR، فسيكون البديل الأساسي وسيتم اختياره *ما لم* يكن الاستثمار الإضافي (التزايد) المرتبط بالبديل B (\$13,000) مبرراً. في هذه الحالة، يفضل البديل B على البديل A، بسبب أن PW له أكبر. لذلك فإن، *المنافع الإضافية الناتجة عن استثمار \$13,000 إضافية في* B (المخطط 3، الشكل 1.5)، لها قيمة حالية تساوي: \$393 = \$9,738 - \$10,131 أي إن،



$$PW(10\%)_{Diff} = -\$13{,}000 + \$4{,}225(P/A,\ 10\%,\ 4) = \$393$$



الشكل 1.5: مخططات التدفق النقدي للبديلين A وB وللفرق بينهما.

والاستثمار الإضافي في B مبرر.

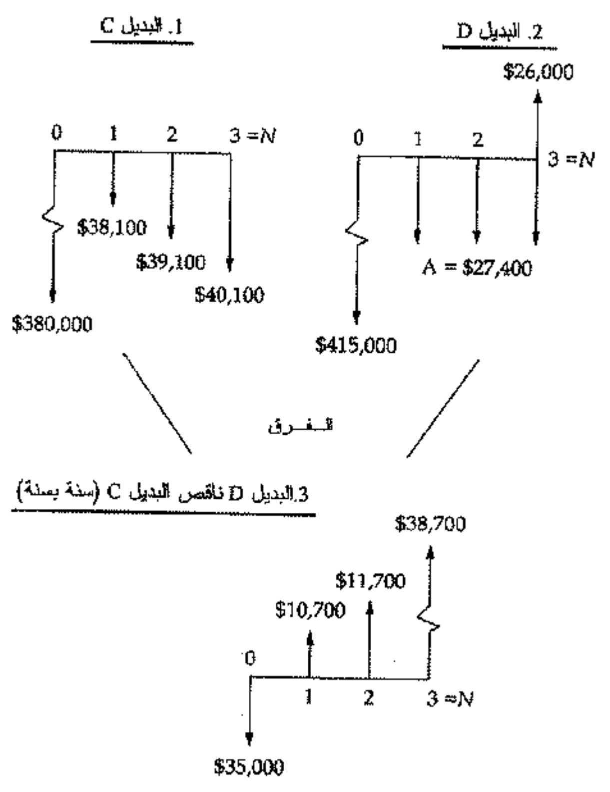
يتضمن *المثال الثانـــي* حالة مشروع تكلفة. ويبين البديلان C وD وهما *بديلا تكلفة* استبعاديان مع التدفقات النقدية التقديرية الصافية عبر عمر كل منهما البالغ ثلاث سنوات. إذ إن *بدائل التكلفة هي البدائل التـــي جميع تدفقاتها النقدية سالبة، باستثناء إمكان وجود تدفق موجب ناجم عن التخلص من الأصول في نهاية العمر المجدي للمشروع*. وتحدث هذه الحالة عندما يتحتم على المؤسسة القيام بإجراء ما، ويتضمن القرار في هذه الحالة اختيار أكثر الطرائق اقتصادية للقيام بهذا الإجراء (مثل، إضافة إمكانيات قدرات التحكم بالتلوث البيئي لتحقيق متطلبات قانونية حديدة).

نهاية السنة	البديل C	البديل D
0	-\$380,000	-\$415,000
1	-38,100	-27,400
2	-39,100	-27,400
3	-40,100	-27,400
[a]3	0	26,000

a القيمة السوقية

يبين (الشكل 2.5) مخططات التدفق النقدي للبديلين C وD، وللفرق بينهما لمدة ثلاث سنوات (أي D ناقص C). وتصور هذه المخططات بدائل مشروع التكلفة. وفي حالة "يجب القيام بعمل ما"، يعد البديل C، الذي يحتاج إلى استثمار رأسمالي أقل، أوتوماتيكياً البديلَ الأساسي وينبغي اختياره ما لم يكن الاستثمار الإضافي (التزايد) المرتبط بالبديل D ($35,000) مبرراً. ويحقق الاستثمار الأكبر، وهو هنا البديل D نفقات سنوية أقل، وإلا، فإنه لن يكون بديلاً مجدياً. (من غير المنطقي استثمار أموال إضافية في بديل دون تحقيق اقتصاد أو عائدات إضافية). ويلاحظ في المخطط 3 في (الشكل 2.5)، أن الفرق بين بديلي التكلفة المحددين هو بديل استثماري.

في هذا المثال الثانـي، وعند MARR = 10% سنوياً، تبلغ القيمة الحالية للبديل C: $PW(10\%)_C = -\$477,077$ وللبديل D: $PW(10\%)_D = -\$463,607$ والبديل D أفضل من البديل C بسبب أن له قيمة حالية سالبة أقل (تكاليف أقل). لذلك فإن، النفقات السنوية الأقل الناجمة عن استثمار $35,000 إضافية في البديل D لها قيمة حالية تساوي: $-\$463,607 - (-\$477,077) = \$13,470$. أي إن: $PW(10\%)_{Diff} = \$13,470$ والاستثمار الإضافي في البديل D مبرر.



الشكل 2.5: مخططات التدفق النقدي للبديلين C وD وللفرق بينهما.

2.2.5 ضمان أساس المقارنة

يحقق كل بديل استبعادي مجد مختار للتحليل التفصيلي المتطلبات الوظيفيةَ للمشروع الهندسي (فقرة 2.4.1). وقد تأتـي الفروق بين البدائل بوجوه مختلفة. ويتطلب ضمان توحيد أساس المقارنة لتحليل البدائل أنه ينبغي تضمين أية تأثيرات اقتصادية للفروق بين البدائل في تقدير التدفقات النقدية للبدائل (كما هو الحال في مقارنتها خلال مدة التحليل نفسها – انظر الفقرة 3.5). وإلا، فإنه يمكن أن يؤدي التحليل إلى اختيار بديل خاطئ لتصميم المشروع. وفيما يلي أمثلة على أنواع الفروق التـي يمكن أن تحدث بين البدائل:

1. العوامل المتعلقة بأداء التشغيل كالسعة (الطاقة) الإنتاجية، السرعة، الثقة، معدل انتشار الحرارة، الموثوقية، كفاءة الوقود، مدة الإقلاع، وهكذا.
2. عوامل الجودة كعدد الوحدات الخالية من العيوب (غير المعيبة) التـي تُنتج خلال مدة ما أو نسبة الوحدات المعيبة (معدل الرفض reject rate).
3. العمر المجدي، رأس المال الاستثماري المطلوب، التغيرات في العائدات، النفقات السنوية المختلفة أو الاقتصاد في التكلفة، وهكذا.

ويمكن توسيع هذه القائمة من الأمثلة. ويجب تحديد الفروق لكل مشروع هندسي وبدائله التصميمية. وبعد ذلك، وبسبب تركيز التحليل الاقتصادي على الفروق بين هذه المشاريع (المبدأ 2 في الفصل 1)، يجب أن تتضمن تقديرات التدفق النقدي للبدائل التكاليف الاقتصادية لهذه الفروق.

باختصار، يجب أن يستند التحليل الاقتصادي للبدائل الاستبعادية للمشروع الهندسي على أساس موحد للمقارنة. ولما كان كل بديل يحقق نفس المتطلبات الوظيفية المطلوبة من المشروع، وينطوي على بعض الفروق في استطاعات الأداء، أو العمر المجدي، أو الجودة، أو أية عوامل أخرى فيما بينها، فيجب أخذ الآثار الاقتصادية لهذه الفروق (من وجهة نظر الشركة) بالحسبان عند وضع تقديرات التدفق النقدي وكذلك في طريقة التحليل. *وهذا هو المنطق الأساسي لمقارنة البدائل في الفصل 5، وفي الفصول التـي تليه.*

قدمنا في الفقرة 2.5 قاعدتين لتسهيل التحليل الصحيح ومقارنة البدائل الاستبعادية عندما لا تؤخذ القيمة الزمنية للنقود في الحسبان (دراسات الاقتصاد الحالي). وبهدف السهولة تعاد هذه القواعد هنا مع *توسيعها لتأخذ في الحسبان القيمة الزمنية للنقود:*

القاعدة 1: عندما تكون العائدات وغيرها من المنافع الاقتصادية متاحة وتختلف عن البدائل، فينبغي اختيار البديل الذي يعظّم الربحية الكلية. أي، اختيار البديل الذي يحقق أكبر قيمة مكافئة موجبة عند i = MARR ويحقق جميع متطلبات المشروع.

القاعدة 2: عندما تكون العائدات وغيرها من المنافع الاقتصادية غير متاحة *أو* عندما تكون ثابتة لجميع البدائل، فتؤخذ التكاليف فقط ويُختار البديل الذي يحقق *أقل* قيمة مكافئة سالبة عند i = MARR ويحقق جميع متطلبات المشروع.

وسيتم في ما تبقى من هذا الفصل، إلقاء الضوء على هذه الاعتبارات في عدد من المسائل الأمثلة.

3.5 مدة الدراسة (التحليل)

مدة الدراسة (التحليل)، وتدعى أحياناً *أفق التخطيط*، هي المدة المختارة لمقارنة البدائل الاستبعادية. ويمكن أن يتأثر تحديد مدة الدراسة لحالة القرار بعدة عوامل – مثلاً، المدة اللازمة للخدمة، العمر المجدي[2] للبديل ذي العمر الأقصر، العمر المجدي للبديل ذي العمر الأطول، وهكذا. *والنقطة المفتاحية هي أن مدة الدراسة المختارة يجب أن تكون مناسبة لحالة*

[2] العمر المجدي للأصل هو المدة التـي يحتفظ بالأصل خلالها في استعمال منتج في الصناعة أو الأعمال.

القرار المدروس.

العلاقة بين الأعمار المجدية للبدائل المطلوب مقارنتها وبين مدة الدراسة، يمكن أن تأتـــي بإحدى الحالتين:

الحالة 1: الأعمار المجدية متساوية لجميع البدائل وتساوي مدة الدراسة.

الحالة 2: الأعمار المجدية مختلفة بين البدائل ولا يساوي أحدها على الأقل مدة الدراسة.

تؤدي الأعمار غير المتساوية للبدائل إلى تعقيد تحليلها ومقارنتها إلى حد ما. ولإجراء دراسات الاقتصاد الهندسي في هذه الحالات، يتم الاعتماد على قاعدة مقارنة البدائل الاستبعادية خلال المدة نفسها. ويستخدم في هذه المقارنات نوعان من الفرضيات هما فرضية إمكان التكرار وفرضية الحدود المشتركة.

تتضمن فرضية *التكرار* تحقيق الشرطين التاليين:

1. يتم مقارنة البدائل خلال مدة الدراسة وهي إما مدة غير محدودة أو مدة تساوي المضاعف المشترك Common multiple لأعمار البدائل.
2. الأحداث الاقتصادية التـــي يتعرض لها الأصل في مجال العمر المجدي الأولي له يفترض تكررها أيضاً في جميع مجالات العمر اللاحقة (إحلالات replacements).

إلا أنه نادراً ما يتحقق هذان الشرطان في الحالات العملية في الممارسة الهندسية. وأدى ذلك إلى الحد من استخدام فرضية التكرار، باستثناء الحالات التـــي يكون فيها الفرق بين القيمة السنوية خلال دورة العمر الأولى والقيمة السنوية خلال دورات العمر اللاحقة للأصول قليلة نوعاً ما[3].

أما *فرضية الحدود المشتركة* فتستند إلى استخدام مدة دراسة محدودة ومتطابقة لجميع البدائل. ويؤدي هذا الأفق المشترك (الموحد) للتخطيط، إضافة إلى إجراء التعديلات المناسبة على التدفقات النقدية التقديرية، إلى وضع البدائل على أساس مشترك وقابل للمقارنة. فمثلاً، إذا كانت الحالة المدروسة توفير خدمة، تطبّق المدة المطلوبة نفسها لكل بديل ضمن المقارنة. ولتحقيق المساواة بين مدد التدفق النقدي والمدة المشتركة، تُجرى بعض التعديلات (استناداً إلى فرضيات إضافية) على تقديرات التدفق النقدي لبدائل المشروع ذوات الأعمار المجدية المختلفة عن مدة الدراسة. فمثلاً، إذا كان للبديل عمر مجد أقصر من مدة الدراسة، يمكن استخدام التكلفة السنوية المقدرة فيما لو افتُرض أن بقية العمليات تُنجزَ على أساس التعاقد خلال السنوات المتبقية. وبالمثل، إذا كان العمر المجدي للبديل أطول من مدة الدراسة، تستخدم القيمة المتبقية المقدرة في نهاية عمر المشروع كقيمة موجبة في التدفق النقدي في نهاية العمر المشترك.

4.5 الحالة 1: الأعمار المجدية تساوي مدة الدراسة

عندما يساوي العمر المجدي للبديل مدة الدراسة المختارة، فليس هناك حاجة لإجراء تعديلات على التدفقات النقدية. وفي هذه الفقرة، سنناقش مقارنة البدائل الاستبعادية باستخدام طرائق القيمة المكافئة وطرائق معدل العائد عندما تكون الأعمار المجدية لجميع البدائل مساوية لمدة الدراسة.

---

[3] T. G. Eschenbach and A. E. Smith, "Violating the Identical Repetition Assumption of EAC," *Proceedings, International Industrial Engineering Conference* (May 1990), The Institute of Industrial Engineers, Norcross, GA, pp. 99-104.

انتهاك فرضية التكرار المتطابق للتكلفة السنوية المكافئة، مقالات مؤتمر الهندسة الصناعية الدولية.

1.4.5 طرائق القيمة المكافئة

تعلمنا في الفصل 4 أن طرائق القيمة المكافئة تحوِّل جميع التدفقات النقدية ذات الصلة إلى قيمة مكافئة حالية، أو سنوية، أو مستقبلية. وعند استخدام هذه الطرائق، يتسق اختيار البديل الناتج من علاقة التكافؤ هذه. كما أن الترتيب الاقتصادي للبدائل الاستبعادية يكون نفسه باستخدام أي من الطرائق الثلاث. سنعتبر الحالة العامة لبديلين، A وB. إذا كان

$$PW(i\%)_A < PW(i\%)_B$$

فإن

$$PW(i\%)_A\,(A/P, i\%, N) < PW(i\%)_B\,(A/P, i\%, N)$$

و:

$$AW(i\%)_A < AW(i\%)_B$$

وبالمثل،

$$PW(i\%)_A\,(F/P, i\%, N) < PW(i\%)_B\,(F/P, i\%, N)$$

و:

$$FW(i\%)_A < FW(i\%)_B$$

إن أبسط التقنيات لمقارنة البدائل الاستبعادية عندما تكون جميع الأعمار المجدية مساوية لمدة الدراسة، هي بتحديد القيمة المكافئة لكل بديل استناداً إلى الاستثمار الكلي عند i = MARR. وبعدها نختار من بدائل الاستثمار، البديل الذي يحقق أكبر قيمة مكافئة. أما في حالة بدائل التكلفة، فنختار البديل ذا القيمة المكافئة السالبة الدنيا.

المثال 1-5

تُدرَس ثلاثة بدائل استثمارية استبعادية لتنفيذ خطة أتمتة المكتب في شـــركة تصميم هندسية. كل بديل يحقق متطلبات الخدمة ذاتها (الدعم)، ولكن هناك فروق بين مبالغ الاستثمارات الرأسمالية والمنافع (الاقتصاد في التكلفة) فيما بينها. مدة الدراسة 10 سنوات، والأعمار المجدية للبدائل الثلاثة تبلغ أيضاً 10 سنوات. ويفترض أن تساوي القيم السوقية لجميع البدائل الصفر في نهاية أعمارها المجدية. إذا كانت MARR للشركة تساوي 10% سنوياً، فما هو البديل الذي ينبغي اختياره في ضوء التقديرات التالية؟

	البديل		
	A	B	C
الاستثمار الرأسمالي	$390,000	$920,000	$660,000
توفير التكلفة السنوي	69,000	167,000	133,500

الحل: **حل المثال 1.5 بطريقة القيمة الحالية PW:**

$$PW(10\%)_A = -\$390,000 + \$69,000(P/A, 10\%, 10) = \$33,977$$
$$PW(10\%)_B = -\$920,000 + \$167,000(P/A, 10\%, 10) = \$106,148$$
$$PW(10\%)_C = -\$660,000 + \$133,500(P/A, 10\%, 10) = \$160,304$$

استناداً إلى طريقة القيمة الحالية PW، نختار البديل C لأنه يحقق أعلى قيمة حالية ($160,304). وترتيب التفضيل

للبدائل هو $A > B > C$، حيث $C > B$ يعنـــي أن C أفضل من B.

الحل: **حل المثال 1.5 بطريقة القيمة السنوية AW:**

$$AW(10\%)_A = -\$390,000(A/P, 10\%, 10) + \$69,000 = \$5,547$$
$$AW(10\%)_B = -\$920,000(A/P, 10\%, 10) + \$167,000 = \$17,316$$
$$AW(10\%)_C = -\$660,000(A/P, 10\%, 10) + \$133,500 = \$26,118$$

وهنا نختار أيضاً البديل C لأنه يحقق أعلى قيمة سنوية مكافئة (\$26,118):

الحل: **حل المثال 1.5 بطريقة القيمة المستقبلية FW:**

$$FW(10\%)_A = -\$390,000(F/P, 10\%, 10) + \$69,000(F/A, 10\%, 10) = \$88,138$$
$$FW(10\%)_B = -\$920,000(F/P, 10\%, 10) + \$167,000(F/A, 10\%, 10) = \$275,342$$
$$FW(10\%)_C = -\$660,000(F/P, 10\%, 10) + \$133,500(F/A, 10\%, 10) = \$415,801$$

استناداً إلى طريقة القيمة المستقبلية FW، نختار البديل C من جديد لأنه يحقق أعلى قيمة مستقبلية FW (\$415,801). وللطرائق الثلاث (PW، وAW، وFW) في هـــذا المثال، يلاحظ أن $C > B > A$ بســـبب علاقة التكافؤ بين هذه الطرائق. وأيضاً، يلاحظ أن القاعدة 1 (فقرة 2.2.5) تنطبق في هذا المثال، حيث إن المنافع الاقتصادية (الاقتصاد في التكلفة) تختلف فيما بين البدائل.

يوضح جزءا المثال 2.5 أثر الفروق التقديرية في قدرة البديل على إنتاج منتجات خالية من العيوب على التحليل الاقتصادي. في الجزء الأول من المثال يؤدي استخدام أي مكبس للعجينة البلاستيكية إلى إنتاج نفس الحجم الكلي من الوحدات المنتجة، وجميعها خالية من العيوب. أما في الجزء الثانـــي من المثال، فيؤدي كل مكبس إلى إنتاج نفس الحجم الكلي من الوحدات المنتجة، إلا أن نسبة الوحدات المعيبة (معدل الرفض) يختلف بين المكابس.

موقع إنترنت مرافق (http://www.prenhall.com/sullivan-engineering/): يحدد عدد من الحكومات الأوروبية كمية مخلفات المنتجات البلاستيكية من السيارات التـــي يمكن أن تملأ الأرض. وهناك رغبة في وضع حلول اقتصادية بيئياً أو "صديقة للطبيعة" وفعالة من ناحية التكلفة. قم بزيارة الموقع وانظر *مقارنة التكلفة* لعدد من البدائل "الصديقة للطبيعة".

المثال 5-2

تخطط شركة لإنشاء مكبس للعجينة البلاستيكية. وتتوفر أربع مكابس مختلفة. وفيما يلي بيان بالاستثمارات الرأسمالية الأولية والنفقات السنوية لهذه البدائل الاستبعادية:

	المكبس			
	P1	P2	P3	P4
الاستثمار الرأسمالي	\$24,000	\$30,400	\$49,600	\$52,000
العمر المجدي (سنوات)	5	5	5	5
النفقات السنوية				
الطاقة	2,720	2,720	4,800	5,040
العمال	26,400	24,000	16,800	14,800
الصيانة	1,600	1,800	2,600	2,000
ضرائب الملكية والتأمين	480	608	992	1,040
النفقات السنوية الكلية	\$31,200	\$29,128	\$25,192	\$22,880

بافتراض أن كل مكبس يحقق نفس الطاقة (السعة) الإنتاجية (120,000 وحدة في السنة) وليس له قيمة سوقية في نهاية عمره المجدي؛ وأن مدة الدراسة المختارة هي 5 سنوات؛ ويتوقع أن تحقق أية مبالغ إضافية مستثمرة عائداً لا يقل عن 10% سنوياً. أي المكابس ينبغي اختياره إذا (أ) تم إنتاج 120,000 وحدة غير معيبة سنوياً بكل مكبس يمكن بيعها جميعاً، و(ب) تم إنتاج 120,000 وحدة لكل مكبس سنوياً إلا أن معدل الرفض يبلغ 8.4% للمكبس P1، و0.3% للمكبس P2، و 2.6% للمكبس P3، و5.6% للمكبس P4 (وحيث يمكن بيع جميع الوحدات غير المعيبة). ويبلغ سعر البيع $0.375 للوحدة.

الحل

(أ) لما كان نفس العدد من الوحدات غير المعيبة سيتم إنتاجه سنوياً وبيعه لكل مكبس، فيمكن عدم اعتبار العائدات والبديل الأفضل هو الذي يعطي أقل قيمة مكافئة للتكاليف الكلية خلال مدة التحليل البالغة خمس سنوات (القاعدة 2، الفقرة 2.2.5). أي إنه يمكن مقارنة البدائل الأربعة كبدائل تكلفة. وحسابات PW، وAW، وFW للبديل P1 هي:

$$PW(10\%)_{P1} = -\$24,000 - \$31,200(P/A, 10\%, 5) = -\$142,273$$

$$AW(10\%)_{P1} = -\$24,000(A/P, 10\%, 5) - \$31,200 = -\$37,531$$

$$FW(10\%)_{P1} = -\$24,000(F/P, 10\%, 5) - \$31,200(F/A, 10\%, 5) = -\$229,131$$

وتُحدَّد قيم PW، وAW، وFW للبدائل P2، وP3، وP4 بحسابات مشابهة يبينها (الجدول 1.5) لجميع المكابس. البديل P4 له أقل قيمة مكافئة للتكاليف الكلية من بين البدائل الأربعة، ومن ثم فهو البديل الأفضل. وترتيب التفضيل هو (P4 > P2 > P1 > P3) وينتج عن التحليل نفس النتيجة باستخدام أي من الطرائق الثلاث.

الجدول 1.5: مقارنة المكابس الأربعة باستخدام طرائق **PW**، **AW**، و**FW** لتقليل التكاليف الكلية [القسم (أ) من المثال 2.5]

الطريقة	المكبس (القيم المكافئة)			
	P1	**P2**	**P3**	**P4**
القيمة الحالية	−$142,273	−$140,818	−$145,098	−$138,734
القيمة السنوية	−37,531	−37,148	−38,276	−36,598
القيمة المستقبلية	−229,131	−226,788	−233,689	−223,431

(ب) في هذا القسم، كل من البدائل الأربعة ينتج 120,000 وحدة في السنة، ولكن لكل مكبس تقدير مختلف لمعدل الرفض. لذلك فإن، عدد الوحدات غير المعيبة المنتجة والمبيعة في السنة، وكذلك العائد السنوي الذي تحصل عليه الشركة، يختلف بين البدائل. أما النفقات السنوية فيفترض أنها لا تتأثر بمعدلات الرفض. في هذه الحالة، البديل المفضل هو الذي يعطي أعلى ربحية إجمالية (القاعدة 1، فقرة 2.2.5). أي إن، هناك حاجة لمقارنة المكابس الأربعة كبدائل استثمارية. وحسابات PW، وAW، وFW للبديل P4 هي:

$$PW(10\%)_{P4} = -\$52,000 + [(1 - 0.056)(120,000)(\$0.375) - \$22,880](P/A, 10\%, 5)$$
$$= \$22,300$$

$$AW(10\%)_{P4} = -\$52,000(A/P, 10\%, 5) + [(1-0.056)(120,000)(\$0.375) - \$22,880]$$
$$= \$5,882$$
$$FW(10\%)_{P4} = -\$52,000(P/F, 10\%, 5)$$
$$+ [(1-0.056)(120,000)(\$0.375) - \$22,880](F/A, 10\%, 5)$$
$$= \$35,914$$

تُحدَّد قيم PW، وAW، وFW للبدائل P1 وP2 وP3 وP4 بإجراء حسابات مشابهة وتظهر هذه القيم للبدائل الأربعة في (الجدول 2.5). يحقق البديل P2 أعلى قيمة مكافئة بين البدائل الأربعة كمقياس للربحية، ومن ثم فهو البديل الأفضل [مقابل P4 في الجزء (أ)]. وترتيب التفضيل هو (P2 > P4 > P3 > P1) وهي نفس النتيجة عند استخدام أي من الطرائق

الجدول 2.5: مقارنة المكابس الأربعة باستخدام طرائق PW، AW، وFW لتعظيم الربحية الكلية [القسم (ب) من المثال 2.5].

الطريقة	المكبس (القيم المكافئة)			
	P1	P2	P3	P4
القيمة الحالية	$13,984	$29,256	$21,053	$22,300
القيمة السنوية	3,689	7,718	5,554	5,882
القيمة المستقبلية	22,521	47,117	33,906	35,914

الثلاث، ويختلف هذا الترتيب عن ذلك الناتج في الجزء (أ). وينتج اختلاف التفضيل في الجزء (ب) عن اختلاف الإمكانيات بين المكابس لإنتاج وحدات غير معيبة.

2.4.5 طرائق معدل العائد

العائد السنوي على الاستثمار هو مقياس شائع للربحية في الولايات المتحدة. وعند استخدام طرائق معدل العائد لتقييم البدائل الاستبعادية، فإن البديل الأفضل هو الذي يحقق نتائج وظيفية مرضية ويتطلب أقل استثمار لرأس المال. وهذا صحيح ما لم يبرر الاستثمار الأكبر بدلالة المنافع والتكاليف الإضافية (التزايد). لذلك، ينبغي تطبيق الإرشادات الثلاثة التالية على طرائق معدل العائد:

1. كل تزايد في رأس المال يجب أن يكون مبرراً عبر تحقيق معدل عائد كاف (أكبر أو يساوي MARR) على التزايد.
2. قارن بديل الاستثمار الأعلى ببديل الاستثمار الأقل فقط عندما يكون الأخير مقبولاً. والفرق بين البديلين هو عادة بديل استثمار ويسمح بتحديد البديل الأفضل.
3. اختيار البديل الذي يتطلب أكبر استثمار لرأس المال مع تحقيق أن تزايد الاستثمار له مبرر بالمنافع التي تحقق على الأقل MARR. وهذا يعطي أعلى قيمة مكافئة على الاستثمارات الكلية عند $i =$ MARR.

يجب عدم مقارنة معدلات العائد IRR للبدائل الاستبعادية (أو معدلات العائد للفروق بين البدائل الاستبعادية) مع تلك المعدلات للبدائل الأخرى. وإنما يجب مقارنة معدل العائد الداخلي IRR فقط مع MARR أي (IRR ≥ MARR) وهذا هو المعيار الذي يحدد قبول البديل.

يمكن تنفيذ هذه الإرشادات عبر *تقنية تحليل تزايد الاستثمار* ***incremental investment analysis technique*** بطرائق

معدل العائد[4]. وقبل شرح هذه التقنية سنناقش مشكلة عدم الاتساق (التجانس) في الترتيب التـــي يمكن أن تحدث نتيجة الاستخدام غير الصحيح لطرائق معدل العائد في مقارنة البدائل.

1.2.4.5 مشكلة عدم اتساق الترتيب

ناقشنا في الفقرة 2.5، مشروع استثمار صغير يتضمن بديلين، A وB. وفيما يلي عرض التدفق النقدي لكل بديل، وكذلك عرض الفرق في التدفق النقدي (التزايد).

	البديل		الفرق
	A	B	Δ(B – A)
الاستثمار الرأسمالي	$60,000	$73,000	$13,000
العائدات السنوية ناقص النفقات	22,000	26,225	4,225

العمر المجدي لكل بديل ومدة الدراسة هي أربع سنوات. ويفترض أيضاً أن MARR = 10% في السنة. ويجب أولاً التحقق من تجاوز مجموع التدفقات النقدية الموجبة لمجموع التدفقات النقدية السالبة. وهي الحالة الناتجة هنا، ولذلك يجري حساب IRR و(PW(10% لكل بديل وفيما يلي قيمها:

البديل	IRR	PW(10%)
A	17.3%	$9,738
B	16.3	10,131

إذا جرى الاختيار في هذه النقطة استناداً إلى أكبر قيمة لمعدل العائد الداخلي IRR لإجمالي التدفقات النقدية، فسيكون البديل المختار هو A. أما إذا استند الاختيار إلى أكبر قيمة حالية للاستثمار الكلي عند معدل فائدة i = MARR، فالبديل B هو البديل الأفضل. ويتضح في هذه الحالة أنه لدينا ترتيب غير متسق لبديلي الاستثمار الاستبعاديين.

الدور الأساسي الذي يؤديه تزايد التدفق النقدي $\Delta(B-A)$ في المقارنة بين البديلين (حيث B هو بديل الاستثمار الرأسمالي الأكبر) يستند إلى العلاقة:

التدفق النقدي لـ B = التدفق النقدي لـ A + التدفق النقدي للفرق.

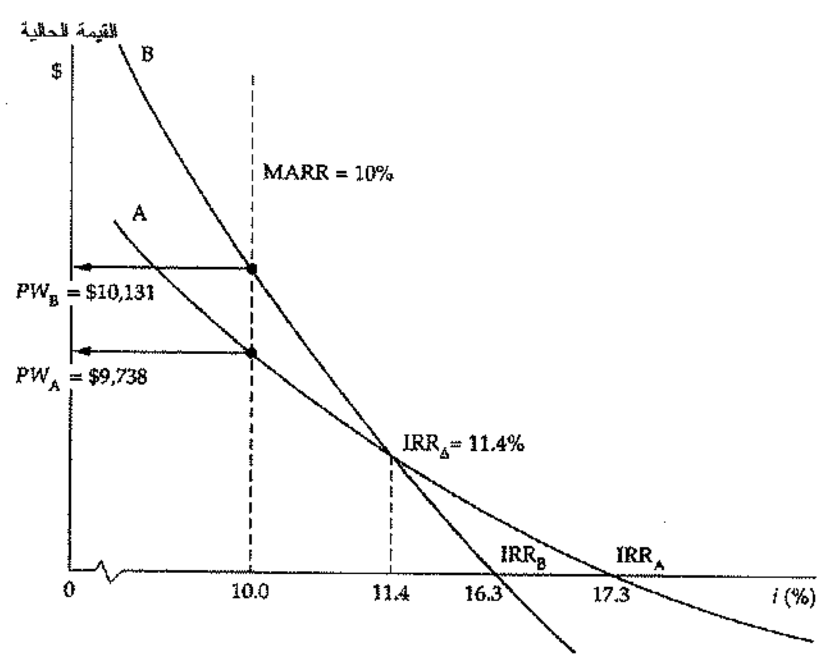
من الواضح أن، التدفق النقدي للبديل B يتألف من جزأين. الجزء الأول يساوي التدفق النقدي للبديل A، والجزء الثانـــي هو تزايد التدفق النقدي بين A وB، أي $\Delta(B-A)$. فإذا كانت القيمة المكافئة للفرق أكبر أو تساوي الصفر عند i = MARR فالبديل B هو البديل الأفضل. وإلا، وبمعرفة أن البديل A مبرر (البديل الأساسي المقبول)، فالبديل A هو البديل الأفضل. ويصح القول دائماً أنه إذا كان $PW_\Delta \geq 0$، فإن $IRR_\Delta \geq MARR$. لذلك فإن البديل B في هذا المثال أفضل من البديل A.

نعلم الآن أن البديل A مقبول (IRR > MARR)، والقيمة الحالية PW > 0 عند MARR)، وسنقوم بتحليل تزايد التدفق النقدي بين البديلين، الذي سنشير له بـ $\Delta(B-A)$. إن معدل العائد الداخلي لهذا التزايد IRR_Δ، يبلغ 11.4%.

[4] طريقة معدل العائد الداخلي IRR هي أكثر مقاييس الربحية المستندة إلى القيمة الزمنية للنقود استخداماً في الولايات المتحدة. ويجب تعلم تقنية تحليل التزايد لتطبيق طريقة IRR تطبيقاً صحيحاً في مقارنة البدائل الاستبعادية.

وهو أكبر من MARR البالغ 10%، والاستثمار الإضافي البالغ $13,000 مبرر. وتتعزز هذه النتيجة بالقيمة الحالية للتزايد $PW_\Delta(10\%)$، التـــي تساوي $393. لذلك، عند استخدام IRR للتدفق النقدي المتزايد، مقابل IRR لإجمالي التدفق النقدي لكل بديل، فإن ترتيب *A* و*B* يتسق مع ذلك المستند إلى PW لكامل الاستثمار.

يوضح (الشكل 3.5) كيف يمكن أن تحدث أخطاء الترتيب عند الاختيار من بين بدائل استبعادية عبر الاستناد الخاطئ على أكبر قيمة لمعدل العائد IRR لإجمالي التدفق النقدي. عندما يقع MARR على يسار IRR_Δ (11.4% في هذه الحالة)، فسيقع الاختيار غير الصحيح عبر اختيار البديل الذي يعطي أكبر قيمة لمعدل العائد الداخلي. وهذا بسبب أن طريقة IRR تفترض إعادة استثمار التدفقات النقدية عند معدل العائد المحسوب (17.3% و16.3% على الترتيب، للبديلين *A* و*B* في هذه الحالة)، على حين تفترض طريقة القيمة الحالية PW إعادة الاستثمار عند معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR والبالغ (10%).



الشكل 3.5: توضيح خطأ الترتيب في الدراسات باستخدام طريقة معدل العائد الداخلي.

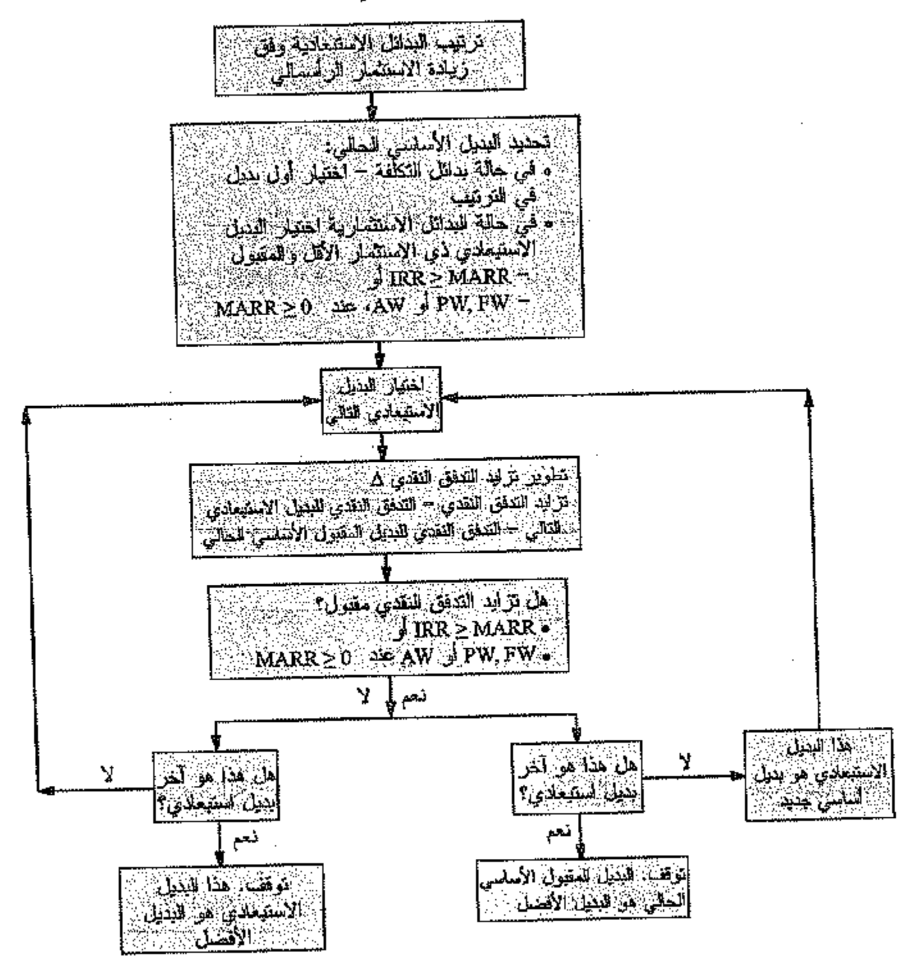
يبين (الشكل 3.5) نتائج التحليل السابقة حيث $PW_B > PW_A$ عند MARR = 10%، حتـــى مع $IRR_A > IRR_B$. ويبين الشكل أيضاً كيف نتجنب عدم اتساق الترتيب باختبار IRR للتزايد، IRR_Δ، الذي يقود بطريقة صحيحة إلى اختيار البديل *B*، كما هو الحال في طريقة القيمة الحالية PW.

2.2.4.5 أسلوب تحليل تزايد الاستثمار

نوصي باتباع أسلوب تحليل تزايد الاستثمار لتجنب الترتيب غير الصحيح للبدائل الاستبعادية عند استخدام طرائق معدل العائد الداخلي. وسنستخدم هذا الأسلوب في بقية هذا الكتاب.

يتلخص تحليل التزايد لمقارنة البدائل الاستبعادية في الخطوات الأساسية الثلاث التالية (التـــي يوضحها الشكل 4.5):

1. تنظيم (ترتيب) البدائل المحدية استناداً إلى تزايد الاستثمار الرأسمالي[5].



الشكل 4.5: أسلوب تحليل تزايد الاستثمار.

2. تحديد البديل الأساسي.

(آ) في حالة بدائل التكلفة – يكون البديل الأول (بأقل استثمار رأسمالي) هو البديل الأساسي.

(ب) أما في حالة البدائل الاستثمارية – فإذا كان البديل الأول مقبولاً (IRR ≥ MARR، PW، أو FW، أو AW أكبر من الصفر عند MARR)، فاخترْ هذا البديل كبديل أساسي (منطلق). وإذا لم يكن البديل الأول مقبولاً، فاخترْ البديل الثانـــي وفق ترتيب رأس المال الاستثماري والتحقق من معيار الربحية كقيم (PW، الخ). ثم استمرّ حتـــى الوصول إلى البديل المقبول. في حال عدم الحصول على أي بديل، اخترْ بديل عدم القيام بشيء.

3. استخدم التكرير لتقييم الفروق (تزايد التدفقات النقدية) بين البدائل حتـــى تؤخذ جميع البدائل.

---

[5] قاعدة الترتيب هذه تفترض مجموعة منطقية من البدائل الاستبعادية. أي إنه يمكن القول، فيما يتعلق ببدائل الاستثمار أو التكلفة، إن زيادة الاستثمارات الأولية تؤدي إلى منافع اقتصادية إضافية، سواء من العائدات الإضافية، أو التكاليف المخفضة، أو كليهما. أيضاً، هذه القاعدة تفترض أنه لأي من التدفقات النقدية غير المألوفة، تُستخدم طريقة تحليل PW، أو AW، أو FW، أو ERR بدلاً من IRR. وببساطة، يتضمن التدفق النقدي غير المألوف للاستثمار تغيرات متعددة في إشارة التدفق النقدي الموجب في الزمن 0، أو كليهما. لمناقشة أكثر تفصيلاً لقواعد الترتيب، انظر: C. S. Park and G. P. Sharp-Bette, *Advanced Engineering Economy* (New York: John Wiley & Sons, 1990) *الاقتصاد الهندسي المتقدم*.

(آ) إذا كان تزايد التدفق النقدي بين البديل التالي (ذي القيمة الكبرى للاستثمار الرأسمالي) والبديل المختار حالياً كبديل مقبول، فاخترْ البديل التالي كبديل مقبول أساسي. وإلا، عُدْ إلى آخر بديل مقبول باعتباره البديل الأساسي الحالي.

(ب) أعدْ الخطوات السابقة واخترْ البديل الأفضل وهو آخر بديل يقبل تزايد التدفق النقدي له.

المثال 5-3

افترض أننا نقوم بتحليل البدائل الاستبعادية الستة التالية لمشروع استثمار صغير (يُنظَّم بزيادة الاستثمار الرأسمالي) باستخدام طريقة معدل العائد الداخلي IRR. العمر المجدي لكل بديل هو 10 سنوات، وقيمة MARR تساوي 10% سنوياً. أيضاً، العائدات السنوية الصافية مطروحاً منها النفقات تختلف بين جميع البدائل، وتنطبق القاعدة 1، في الفقرة 2.2.5. إذا كانت مدة الدراسة 10 سنوات، والقيمة السوقية (المتبقية) تساوي 0، فما هو البديل الذي ينبغي اختياره؟ لاحظ أن البدائل قد رُتِّبتْ تصاعدياً من البديل ذي الاستثمار الرأسمالي الأقل إلى البديل ذي الاستثمار الرأسمالي الأعلى.

	البديل					
	A	B	C	D	E	F
الاستثمار الرأسمالي	$900	$1,500	$2,500	$4,000	$5,000	$7,000
العائدات السنوية ناقص النفقات	150	276	400	925	1,125	1,425

الحل

يمكن حساب IRR للتدفق النقدي الكلي لكل بديل مجد بتحديد معدل الفائدة الذي يجعل قيمة PW أو FW أو AW مساوية للصفر (وسيتم توضيح استخدام AW للبديل *A*)[6]:

$$0 = -\$900\,(A/P, i'_A\%, 10) + \$150; \qquad i'\% = ?$$

بالتجربة والخطأ، نجد أن $i'_A\% = 10.6\%$. وبنفس الطريقة، يُحسَب معدل العائد الداخلي IRR لجميع البدائل وفيما يلي ملخص لها:

	A	B	C	D	E	F
IRR على التدفق النقدي الإجمالي	10.6%	13.0%	9.6%	19.1%	18.3%	15.6%

عند هذه النقطة، *البديل C فقط غير مقبول* ويمكن حذفه من المقارنة لأن IRR له أقل من MARR البالغ 10% سنوياً. وأيضاً *A* هو البديل الأساسي الذي يبدأ منه أسلوب تحليل التزايد، لأنه البديل الاستبعادي ذو القيمة الأقل للاستثمار الرأسمالي والذي يبلغ معدل العائد الداخلي له (10.6%) وهو أكبر أو يساوي MARR (10%). إن معرفة جدوى كل بديل سلفاً باستخدام طريقة IRR، أو PW، أو FW، أو AW قبل إجراء أسلوب تحليل التزايد تعد غير مطلوبة، إلا أنها مفيدة عند تحليل مجموعة كبيرة من البدائل الاستبعادية. ويمكن فوراً حذف البدائل غير المجدية (غير المربحة)، وأيضاً تحديد البديل المقبول الأساسي بسهولة.

كما نوقش في الفقرة 1.2.4.5، ليس من الضروري أن يكون اختيار البديل ذي القيمة الكبرى لمعدل العائد IRR على

[6] الخطوات الثلاث في أسلوب تحليل التزايد التـي تمت مناقشتها سابقاً (وتوضيحها في الشكل 4.5) لا تحتاج إلى حساب قيم IRR لكل بديل. في هذا المثال يُستخدم IRR لكل بديل لأغراض تعليمية.

إجمالي التدفق النقدي صحيحاً. أي إن البديل D في هذا المثال قد لا يكون هو الخيار الأفضل، لأن القيمة الكبرى لمعدل العائد IRR لا تضمن تحقيق البديل للقيمة المكافئة الكبرى على الاستثمار الكلي عند MARR، ومن ثم أكبر ثروة مستقبلية لمالكي المنظمة. لذلك، علينا لصنع الاختيار الصحيح، أن نختبر إمكان تغطية كل تزايد في استثمار رأس المال لتكاليفه. ويبين (الجدول 3.5) تحليل البدائل الاستبعادية الخمسة المتبقية، وتُحسب معدلات العائد الداخلي IRR على التزايد في التدفق النقدي من جديد بوضع $AW_{\Delta}(i') = 0$ لفروق التدفق النقدي بين البدائل.

الجدول 3.5: مقارنة البدائل الاستبعادية المقبولة الخمسة بطريقة IRR (مثال 3.5).

التزايد	A	Δ(B – A)	Δ(D – B)	Δ(E – D)	Δ(F – E)
تزايد الاستثمار الرأسمالي	$900	$600	$2,500	$1,000	$2,000
تزايد الفرق بين العائدات والنفقات السنوية	$150	$126	$649	$200	$300
IRR_{Δ}	10.6%	16.4%	22.6%	15.1%	8.1%
هل التزايد مبرر؟	نعم	نعم	نعم	نعم	لا

من (الجدول 3.5)، يظهر أن البديـــل E هو الذي سيُختار (وليس D) لأنه يحتاج إلى أكبر استثمار يتحقق معه أن آخر تزايد للاستثمار الرأســـمالي مبرر. أي إنه من الـــمرغوب فيه استثمار زيادات إضافية على الـــ $7,000 المفترض توفرها للمشروع ما دام التزايد في الاستثمار يحقق عائداً 10% في السنة أو أكثر.

افترضنا في المثال 5-3 (وفي جميع الأمثلة الأخرى التـــي تتضمن بدائل استبعادية، ما لم يشر إلى خلاف ذلك) أن رأس المال المتوفر للمشروع وغير الموظف في أحد البدائل المجدية سيستثمر في مشروع ما يحقق عائداً يساوي MARR. لذا فإن، الـــ $2,000 التـــي استُبعدت نتيجة اختيار البديل E بدلاً من F يفترض أنها يمكن أن تحقق عائداً يساوي 10% فيما لو استُثمرت في مكان آخر، وهو ما لم يكن من الممكن تحقيقه باستثمار هذا المبلغ في F.

باختصار، تُرتكب عادة ثلاثة أخطاء في هذا النوع من التحليل لاختيار البديل الاستبعادي (1) اختيار البديل ذي القيمة العليا لـِ IRR على إجمالي التدفق النقدي، أو (2) اختيار البديل ذي أعلى قيمة لمعدل العائد IRR على تزايد الاستثمار، أو (3) اختيار البديل ذي القيمة العليا للاستثمار الرأسمالي الذي يحقق أن IRR أكبر أو يساوي MARR. لا يصحّ أيّ من هذه المعايير عموماً. فمثلاً، في المثال 5-3، قد يحصل الاختيار الخاطئ للبديل D بدلاً من E لأن IRR للتزايد من B إلى D تساوي 22.6% على حين هي من D إلى E تبلغ فقط 15.1% (الخطأ 2). والخطأ الأكثر وضوحاً، كما نوقش سابقاً، هو محاولة اختيار البديل ذي القيمة الكبرى لمعدل العائد IRR على الاستثمار الكلي لكامل التدفق النقدي أي اختيار البديل D (الخطأ 1). الخطأ الثالث يمكن أن يحصل باختيار البديل F بسبب أن له أكبر استثمار كلي ويحقق معدلاً للعائد IRR أكبر من MARR أي (10% < 15.6%).

يمكن أن تستخدم طرائق القيمة المكافئة أيضاً أسلوب تحليل التزايد لمقارنة البدائل الاستبعادية. ويكون ترتيب البدائل متسقاً مع ذلك الناجم عن قيم القيمة المكافئة استناداً إلى الاستثمار الكلي لكل بديل. كما أن الترتيب يتسق أيضاً مع ذلك الناجم عن طرائق معدل العائد عند استخدام تحليل التزايد. فعندما تكون القيمة المكافئة للتدفق النقدي للاستثمار أكبر من الصفر عند $i =$ MARR، فإن معدل العائد الداخلي له IRR أكبر من MARR. لذلك، يمكن استخدام تحليل تزايد الاستثمار بطرائق القيمة المكافئة كطرائق مؤكدة لطريقة IRR. أي إنه يمكن التوصل إلى صنع نفس القرارات المتعلقة

بالتزايد الإضافي للاستثمار الرأسمالي. ويتضمن المثال 4-5 هذه النقاط.

المثال 4-5

فيما يلي الاستثمار الرأسمالي التقديري والنفقات السنوية (استناداً إلى 1,500 ساعة تشغيل في السنة) لأربعة بدائل تصميم لضاغط هواء يعمل بطاقة الديزل، ويبين الجدول أيضاً القيمة السوقية لكل تصميم في نهاية عمره المجدي المشترك البالغ خمس سنوات. وتعتمد هذه التقديرات وجهة نظر (المبدأ 3، الفصل 1) المستخدم النموذجي (شركة الإنشاء، أو هيئة تعنسى بالمعدات، أو هيئة الطرق الحكومية، وهكذا). تبلغ مدة الدراسة خمس سنوات، ومعدل العائد المقبول الأدنى MARR يساوي 20% سنوياً. يجب اختيار أحد التصميمات للضاغط، ويوفر كل تصميم نفس المستوى من الخدمة. استناداً إلى هذه المعلومات، (1) حدِّد بديل التصميم الأفضل باستخدام طريقة IRR، و(2) بيّن أن طريقة القيمة الحالية PW عند (i = MARR)، وباستخدام أسلوب تحليل التزايد، تعطي نفس القرار. ولاحظ أن هذا المثال هو حالة نموذج التكلفة بأربعة بدائل تكلفة استبعادية. تبين الحلول التالية استخدام أسلوب تحليل التزايد لمقارنة بدائل التكلفة وتطبيق القاعدة 2 في الفقرة 2.2.5:

	بديل التصميم			
	D1	D2	D3	D4
الاستثمار الرأسمالي	$100,000	$140,600	$148,200	$122,000
النفقات السنوية	29,000	16,900	14,800	22,100
العمر المجدي (سنوات)	5	5	5	5
القيمة السوقية	10,000	14,000	25,600	14,000

الحل

الخطوة الأولى هي بترتيب بدائل التكلفة الاستبعادية الأربعة استناداً إلى تكاليف الاستثمار الرأسمالي لها. لذا فإن، ترتيب البدائل لتحليل التزايد هو D1، D4، D2، وD3.

الجدول 4.5: مقارنة بدائل التكلفة (التصميم) الأربعة باستخدام طريقتـي IRR وPW بتحليل التزايد (مثال 4.5)

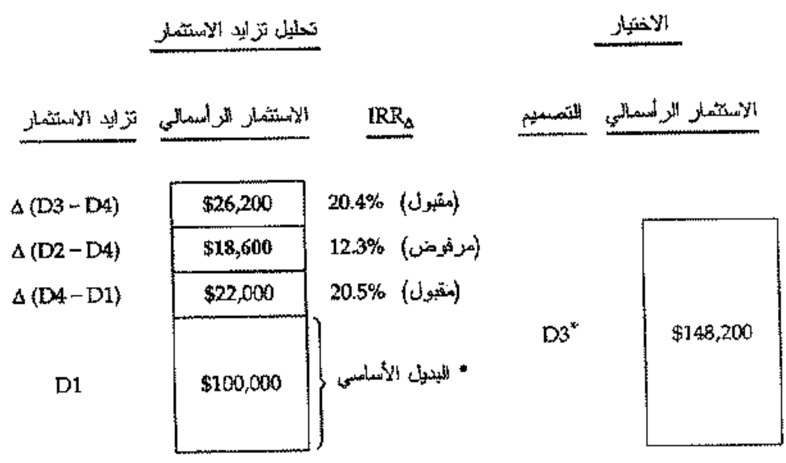
التزايد	Δ(D4 – D1)	Δ(D2 – D4)	Δ(D3 – D4)
تزايد الاستثمار الرأسمالي	$22,000	$18,600	$26,200
تزايد النفقات السنوية (الاقتصاد)	6,900	5,200	7,300
تزايد القيمة السوقية	4,000	0	11,600
العمر المجدي (سنوات)	5	5	5
IRR_{Δ}	%20.5	%12.3	%20.4
هل التزايد مبرر؟	نعم	لا	نعم
$PW_{\Delta}(20\%)$	$243	-$3,049	$293
هل التزايد مبرر؟	نعم	لا	نعم

ولما كانت هذه البدائل هي بدائل تكلفة، فإن البديل ذا التكلفة الاستثمارية الدنيا، D1، هو البديل الأساسي. لذلك،

يُفضّل البديل الأساسي ما لم يؤد التزايد في الاستثمار الرأسمالي إلى حصول اقتصاد في التكلفة (منافع) تحقق عائداً يساوي أو يزيد على MARR.

التزايد الأول للتدفق النقدي الذي يجب تحليله هو بين التصميمين D1 وD4، أي Δ(D4–D1). ويلخص (الجدول 4.5) نتائج هذا التحليل والفروق التالية بين بدائل التكلفة، كما يبين (الشكل 5.5) تحليل تزايد الاستثمار وفق طريقة IRR. وتبين هذه النتائج ما يلي:

1. التدفقات النقدية للتزايد بين بدائل التكلفة، هي في الحقيقة، بدائل استثمارية.
2. التزايد الأول، $\Delta(D4-D1)$، هو تزايد مبرر (حيث $IRR_{\Delta} = 20.5\%$ أكبر من $MARR = 20\%$، وأيضاً $PW_{\Delta}(20\%) = \$243 > 0$)؛ أما التزايد $\Delta(D2-D4)$ فغير مبرر؛ والتزايد الأخير – وهو $\Delta(D3-D4)$ وليس $\Delta(D3-D2)$ لأنه تبين أن التصميم D2 غير مقبول – فهو مبرر، وهذا يؤدي في النتيجة إلى اختيار التصميم D3 لضاغط الهواء. وهو الاستثمار الأعلى الذي يحصل فيه تبرير كل تزايد في الاستثمار الرأسمالي من وجهة نظر المستخدم.



الشكل 5.5: إعادة عرض تزايد الاستثمار الرأسمالي و IRR للتزايدات في اختيار التصميم 3 (D3) في المثال 4.5.

3. يمكن التوصل إلى نفس قرارات استثمار رأس المال من طريقة IRR وطريقة PW باستخدام أسلوب تحليل التزايد، وذلك *لأنه عندما تكون القيمة المكافئة للاستثمار عند $i = MARR$ أكبر من الصفر فإن معدل العائد الداخلي له IRR أكبر من MARR* (من تعريف معدل العائد الداخلي IRR في الفصل 4).

لقد شرحنا طريقة معدل العائد الخارجي (ERR) في الفصل 4. وكذلك شرحنا في الملحق 4 – آ طريقة ERR كطريقة بديلة لطريقة IRR عند تحليل نموذج غير مألوف للتدفق النقدي للاستثمار. سنطبق في المثال 5-5 طريقة ERR باستخدام أسلوب تحليل تزايد الاستثمار لمقارنة البدائل الاستبعادية لمشروع تحسين هندسي.

المثال 5-5

في مصنع أقسام مؤتمتة، يقوم فريق التصميم بتحليل مشروع تحسين لزيادة الإنتاجية لمركز تصنيع مرن. قورنت التدفقات النقدية التقديرية الصافية للبدائل الثلاثة المجدية التي تظهر في (الجدول 5.5). تبلغ مدة التحليل ست سنوات،

ومعدل العائد المقبول الأدنى MARR لاستثمارات رأس المال في المعمل يساوي 20 % في السنة. باستخدام طريقة ERR، ما هو البديل الذي ينبغي اختياره؟ (ε = MARR).

الجدول 5.5: مقارنة البدائل الاستبعادية الثلاثة باستخدام طريقة ERR (مثال 5-5).

نهاية الفترة	التدفقات النقدية للبديل			تحليل التزايد للبدائل		
	A	B	C	A[a]	$\Delta(B-A)$	$\Delta(C-A)$
0	-$640,000	-$680,000	-$755,000	-$640,000	-$40,000	-$115,000
1	262,000	-40,000	205,000	262,000	-302,000	-57,000
2	290,000	392,000	406,000	290,000	102,000	116,000
3	302,000	380,000	400,000	302,000	78,000	98,000
4	310,000	380,000	390,000	310,000	70,000	80,000
5	310,000	380,000	390,000	310,000	70,000	80,000
6	260,000	380,000	324,000	260,000	120,000	64,000
			تحليل التزايد:			
			ΔPW لمبالغ التدفق النقدي السالبة	640,000	291,657	162,498
			ΔPW لمبالغ التدفق النقدي الموجبة	2,853,535	651,091	685,082
			ERR	28.3%	14.3%	27.1%
			هل التزايد مبرر؟	نعم	لا	نعم

a التدفق النقدي الصافي للبديل A، الذي هو تزايد التدفق النقدي بين عدم إجراء التغيير ($0) وتنفيذ البديل A.

الحل

إن أسلوب استخدام طريقة ERR لمقارنة البدائل الاستبعادية هو نفسه لطريقة IRR. ويكمن الفرق الوحيد في طريقة الحساب.

يوفر (الجدول 5.5) جدولة للحسابات والقبول لكل تزايد في استثمار رأس المال. ولما كانت هذه البدائل المجدية الثلاثة هي مجموعة بدائل استبعادية لبدائل استثمارية، فإن البديل الأساسي هو الذي يحقق أقل تكلفة استثمار رأسمالي مبرر اقتصادياً. للبديل A، القيمة الحالية PW للتدفقات النقدية السالبة (عند $i = \varepsilon\%$) هي فقط التكلفة $640,000، لذا فإن، ERR للبديل A هي كما يلي:

$$\$640{,}000(F/P, i'\%, 6) = \$262{,}000\ (F/P, 20, 5\%) + \ldots + \$260{,}000$$

$$= \$2{,}853{,}535$$

$$(F/P, i'\%, 6) = (1+i')^6 = \$2{,}853{,}535 / \$640{,}000 = 4.4586$$

$$(1+i') = (4.4586)^{1/6} = 1.2829$$

$$i' = 0.2829, \text{ or ERR} = 28.3\%$$

باستخدام MARR = 20% في السنة، نجد أن هذا الاستثمار الرأسمالي مبرر والبديل A هو بديل أساسي مقبول. باستخدام حسابات مماثلة، يحقق التزايد $\Delta(B-A)$ عائداً قدره 14.3% وهو غير مبرر ويحقق: التزايد $\Delta(C-A)$ عائداً يساوي 27.1% وهو مبرر. لذلك فالبديل C هو البديل الأفضل لمشروع التحسين. لاحظ أنه في هذا المثال تختلف العائدات بين البدائل وأن القاعدة 1، الفقرة 2.2.5 قد طُبِّقت.

بهذه النقطة في الفصل، تتضح ثلاث ملاحظات فيما يتعلق بمقارنة البدائل الاستبعادية: (1) يتطلب استخدام طرائق القيمة المكافئة جهداً أقل في الحسابات، (2) عند تطبيق أي من طريقتي القيمة المكافئة ومعدل العائد تطبيقاً مناسباً سيتم الوصول إلى تفضيل متسق للبديل الأفضل، ولكن (3) طرائق معدل العائد قد لا تعطي الاختيارات الصحيحة إذا اعتمد المحلل أو المدير على أكبر قيمة لمعدل العائد على كامل التدفق النقدي. أي أنه يجب استخدام تحليل تزايد الاستثمار مع طرائق معدل العائد ليتأكد لنا من اختيار البديل الأفضل.

ولتعزيز هذه النقاط أكثر، لنأخذ المهمة المعطاة لسينثيا جونز Cynthia Jones في المثال 6-5.

المثال 6-5

قام مالك ساحة تُستخدم مرآباً في وسط المدينة باختيار شركة هندسة معمارية لتحديد: هل من الجاذب مالياً إنشاء مبنى مكاتب في الموقع الذي يستخدم حالياً كمرآب؟ وإذا بقي الموقع مرآباً، فإنه يتطلب إجراء تحسينات لاستمرار استخدامه. عُيِّنت سينثيا جونز حديثاً مهندسةً مدنية وعضواً في فريق المشروع، وطُلب منها إنجاز التحليل والتقدم بالتوصيات. قامت سينثيا بتلخيص البيانات التي جمعتها للبدائل الاستبعادية المجدية الأربعة والتي طوّرها فريق المشروع فيما يلي:

البديل	الاستثمار الرأسمالي (متضمناً الأرض)	الدخل السنوي الصافي
P. الاحتفاظ بساحة المرآب الحالية، وإجراء التحسين عليها	\$200,000	\$22,000
B1. إنشاء مبنى من طابق واحد	4,000,000	600,000
B2. إنشاء مبنى من طابقين	5,550,000	720,000
B3. إنشاء مبنى من ثلاثة طوابق	7,500,000	960,000

أ. مدة الدراسة المختارة هي 15 سنة لكل بديل، وهناك قيمة متبقية تقديرية للملكية في نهاية الـ 15 سنة *تساوي* 50% من الاستثمار الرأسمالي للبديل. ويفضل مالك ساحة المرآب المعلومات من طريقة IRR، إلا أن مدير الشركة يعتمد دائماً على تحليل القيمة الحالية PW. وهكذا، قررت سينثيا إنجاز التحليل باستخدام كلا الطريقتين. إذا كان MARR يساوي 10% في السنة، هو البديل الذي يجب أن توصي به سينثيا؟

ب. ما هي القاعدة (الفقرة 2.2.5) التي تنطبق على الحل الوارد في الجزء (أ)؟ لماذا؟

الحل

أ. القيمة الحالية لبديل ساحة المرآب (P) تحسب كما يلي:

$$PW_P(10\%) = -\$200,000 + \$22,000\,(P/A, 10\%, 15) + \$100,000\,(P/F, 10\%, 15)$$
$$= -\$8,726$$

بحسابات مماثلة، تكون القيم الحالية PW لبقية البدائل B1، وB2، وB3 كما يلي:

$$PW(10\%)_{B1} = \$1,042,460$$
$$PW(10\%)_{B2} = \$590,727$$
$$PW(10\%)_{B3} = \$699,606$$

استناداً إلى طريقة PW، يُوصي باختيار مبنـــى الطابق الواحد (البديل B1). (البديل *P* غير مقبول، وترتيب الأفضليات لبقية البدائل هو B1 > B3 > B2).

تحتاج طريقة IRR للتحليل إلى وقت أطول وجهد أكبر في الحساب:

	البدائل الاستبعادية			
	P	B1	B2	B3
الاستثمار الرأسمالي	$200,000	$4,000,000	$5,550,000	$7,500,000
الدخل السنوي الصافي	22,000	600,000	720,000	960,000
القيمة المتبقية	100,000	2,000,000	2,775,000	3,750,000
IRR[a]	9.3%	13.8%	11.6%	11.4%

[a] على سبيل المثال، IRR للبديل P يحسب كما يلي: $0 = -\$200,000 + \$22,000(P/A, i'\%, 15) + \$100,000(P/F, i'\%, 15); i'\% = ?$ بالتجربة والخطأ، $i' = 9.3\%$.

البديل *P* غير مقبول (9.3% < 10%)، وهذا يعزز النتيجة في الجزء (أ)، ومن ثم فهو لا يخدم كبديل أساسي يمكن الانطلاق منه بأسلوب تحليل التزايد. أما البديل B1 فهو بديل مقبول وله أقل استثمار رأسمالي بين البدائل المجدية الثلاثة المتبقية، وبالتالي يتم إجراء تحليل التزايد وفق ما هو وارد في (الجدول 6.5).

الجدول 6.5: المثال 5-6 (طريقة IRR)

	تحليل التزايد للبدائل		
	B1[b]	Δ(B2 – B1)	Δ(B3 – B1)
تزايد الاستثمار الرأسمالي	$4,000,000	$1,550,000	$3,500,000
تزايد الدخل السنوي	600,000	120,000	360,000
تزايد القيمة الحالية	2,000,000	755,000	1,750,000
IRRΔ[a]	13.8%	5.5%	8.5%
القرار	قبول المبنـــى من طابق واحد	الاحتفاظ بالمبنـــى من طابق واحد، رفض المبنـــى من طابقين	الاحتفاظ بالمبنـــى من طابق واحد، رفض المبنـــى من ثلاثة طوابق

[a] على سبيل المثال، IRR للفرق Δ(B2 – B1) تتحدد كما يلي: $0 = -\$1,550,000 + \$120,000 (P/A, i'\%, 15) + \$775,000 (P/F, i'\%, 15); i' = 5.5\%$

[b] التدفق النقدي الصافي للبديل B1، الذي هو تزايد التدفق النقدي بين عدم القيام بأي تغيير ($0) وتنفيذ البديل B1.

أخيراً، توصلت سينثيا إلى أن المبنـــى المؤلف من طابق واحد هو أيضاً البديل الأفضل عبر استخدام طريقة IRR. وعند هذه النقطة، أخبرت مديرها: "إذا ما استمريت في تكرار هذا النوع من التحليل للبدائل الاستبعادية دائماً، فسأعتمد على استخدام طريقة تستند إلى القيمة المكافئة كالقيمة الحالية PW وإلا فعلي الحصول على برنامج كمبيوتر أفضل".

ب. استُخدمت القاعدة 1 في حل الجزء (أ) بسبب اختلاف قيم الدخل السنوي الصافي بين البدائل.

5.5 الحالة 2: الأعمار المجدية مختلفة بين البدائل

عند ما تكون أعمار البدائل الاستبعادية مختلفة، يمكن استخدام *فرضية التكرار* لمقارنة هذه البدائل إذا كانت مدة

الدراسة غير محدودة الطول أو عندما يمكن استخدام المضاعف المشترك للأعمار المجدية. وفي هذه الحالة يفترض أن التقديرات الاقتصادية لدورة العمر المجدي الأولية للأصل ستتكرر في دورات الإحلال (الاستبدالات replacement) اللاحقة. وكما ناقشنا في الفقرة 5-3، يصعب تحقيق هذا الشرط في التطبيقات العملية بدرجة أكبر مما يبدو ظاهرياً. وتتمثل وجهة النظر الأخرى في الاستناد إلى فرضية التكرار كتسهيل لنمذجة المسألة بهدف صنع القرار الراهن (الحالي). *وعندما تطبّق هذه الفرضية على حالة القرار، فإنها تجعل مقارنة البدائل الاستبعادية أكثر سهولة*. وإحدى طرائق الحل المستخدمة عادة هي حساب AW لكل بديل خلال عمره المجدي واختيار البديل ذي القيمة الفضلى (البديل ذو القيمة الموجبة الكبرى للقيمة السنوية AW للبدائل الاستثمارية، والبديل ذو القيمة السالبة الدنيا لقيمة AW لبدائل التكلفة).

عند عدم إمكانية تطبيق فرضية التكرار على حالة القرار، فهناك حاجة لاختيار مدة دراسة مناسبة (*فرضية الحدود المشتركة*). وهي الطريقة المستخدمة غالباً في الممارسة الهندسية لأن دورات عمر المنتج تتجه إلى أن تصبح أقصر مع الزمن. ويمكن عادة أن يكون واحد أو أكثر من الأعمار المجدية أقصر أو أطول من مدة الدراسة المختارة، وفي هذه الحالة، تظهر الحاجة إلى إجراء تعديلات على التدفق النقدي انطلاقاً من فرضيات إضافية بحيث *تقارَن جميع البدائل خلال نفس مدة الدراسة*. وتطبق التوجيهات التالية على هذه الحالة:

1. العمر المجدي أقصر من مدة الدراسة

(آ) بدائل التكلفة: لما كان من المفترض أن يوفر كل بديل للتكلفة نفس المستوى من الخدمة خلال مدة الدراسة، فقد يكون من الملائم التعاقد على توفير الخدمة أو استئجار المعدة للسنوات المتبقية. ويتمثل التصرف الممكن الآخر بتكرار قسم من العمر المجدي للبديل الأصلي، ثم استخدام القيمة السوقية التقديرية المتوقعة في نهاية مدة الدراسة.

(ب) بدائل الاستثمار: تنص الفرضية الأولى على إعادة استثمار جميع التدفقات النقدية في فرص أخرى متوفرة للشركة عند المعدل MARR حتـــى نهاية مدة الدراسة. أما الفرضية الثانية فتتضمن استبدال الاستثمار الأولي بأصل آخر ربما له تدفق نقدي مختلف خلال بقية العمر. وتتمثل طريقة الحل المعتادة في حساب FW لكل بديل استبعادي في نهاية مدة الدراسة. كما يمكن أيضاً استخدام PW لبدائل الاستثمار بسبب أن القيمة المستقبلية FW في نهاية مدة الدراسة، ولتكن N، لكل بديل هي القيمة الحالية PW مضروبة بثابت مشترك $(F / P, i\%, N)$، وحيث $i\% =$ MARR.

2. العمر المجدي أطول من مدة الدراسة: التقنية التـــي هي أكثر انتشاراً هي بقطع البديل في نهاية مدة الدراسة باستخدام قيمة سوقية تقديرية. وهذا يفترض أن الأصول التـــي يتم التخلص منها ستباع في نهاية مدة الدراسة بهذه القيمة.

المبدأ الأساسي، وفق ما تمت مناقشته في الفقرة 5-3، هو أن مقارنة البدائل الاستبعادية التـــي تنطوي عليها حالة القرار يجب أن تجري خلال نفس مدة الدراسة (التحليل).

المثال 5-7

يبين الجدول الآتـــي البيانات التقديرية لبديلي الاستثمار الاستبعاديين، A وB، المتعلقين بمشروع هندسي صغير، كما يبين الجدول عائدات ونفقات كل من هذين البديلين. يبلغ العمر المجدي للبديل A أربع سنوات، على حين يبلغ العمر المجدي للبديل B ست سنوات. فإذا كان MARR = 10% سنوياً، فأيّ البديلين أفضل باستخدام طرائق القيمة المكافئة.

استخدم فرضية التكرار.

	A	B
الاستثمار الرأسمالي	$3,500	$5,000
التدفق النقدي السنوي	1,255	1,480
العمر المجدي (سنوات)	4	6
القيمة السوقية في نهاية العمر المجدي	0	0

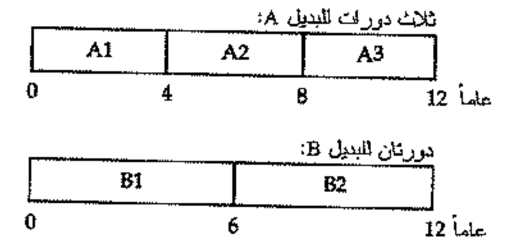
الحل

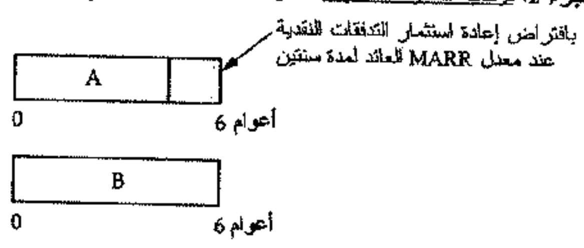
المضاعف المشترك الأصغر للأعمار المجدية للبديلين *A* و*B* هو 12 سنة. وباستخدام فرضية التكرار ومدة دراسة تبلغ 12 سنة، فإن الاستبدال المشابه (المطابق) الأول للبديل *A* سيحدث في نهاية السنة الرابعة، وسيحدث الثانـي في نهاية السنة الثامنة. أما البديل *B*، فإن له استبدالاً مشابهاً واحداً سيحدث في نهاية السنة السادسة. ويظهر ذلك في الجزء 1 من (الشكل 6.5).

الحل: حل المثال 5-7 بطريقة PW

الحل وفق PW (أو FW) يجب أن يستند إلى مدة دراسة كلية (12 سنة). القيمة الحالية PW لدورة العمر المجدي الأولى ستختلف عن القيمة الحالية لدورات الاستبدال اللاحقة:

$$\text{PW}(10\%)_A = -\$3{,}500 - \$3{,}500[(P/F, 10\%, 4) + (P/F, 10\%, 8)]$$
$$+(\$1{,}255)(P/A, 10\%, 12)$$
$$= \$1{,}028$$





الشكل 6.5: توضيح فرضية التكرار (المثال 5-7) وفرضية الحدود المشتركة (مثال 5-8).

$$\text{PW}(10\%)_B = -\$5{,}000 - \$5{,}000(P/F, 10\%, 6)$$
$$+(\$1{,}480)(P/A, 10\%, 12)$$
$$= \$2{,}262$$

وهكذا واستناداً إلى طريقة القيمة الحالية PW، سنختار البديل B لأنه يحقق القيمة الحالية العليا ($2,262).

الحل: حل المثال 5-7 بطريقة القيمة السنوية AW

تفترض الاستبدالات المشابهة للأصول أن التقديرات الاقتصادية للدورة الأولى من العمر المجدي ستتكرر في كل دورة من الاستبدالات اللاحقة. وينتج عن ذلك أن القيمة السنوية AW لكل دورة ولمدة الدراسة (12 سنة) هي نفسها. ويتضح ذلك بالحل التالي وفق AW بحساب (1) القيمة السنوية المكافئة AW لكل بديل خلال مدة التحليل البالغة 12 سنة استناداً إلى القيم الحالية PW السابقة، و(2) تحديد AW لكل بديل خلال دورة واحدة للعمر المجدي. وهكذا وبالاستناد إلى حسابات القيمة الحالية PW السابقة، تكون قيم AW كما يلي:

$$\text{AW}(10\%)_\text{A} = \$1{,}028(A/P, 10\%, 12) = \$151$$

$$\text{AW}(10\%)_\text{B} = \$2{,}262(A/P, 10\%, 12) = \$332$$

وبعد ذلك تحسب القيمة السنوية AW لكل بديل خلال دورة واحدة للعمر المجدي:

$$\text{AW}(10\%)_A = -\$3{,}500(A/P, 10\%, 4) + (\$1{,}255) = \$151$$

$$\text{AW}(10\%)_B = -\$5{,}000(A/P, 10\%, 6) + (\$1{,}480) = \$332$$

وهذا يؤكد أن كلاً من هذه الحسابات الخاصة بكل بديل تعطي نفس النتائج للقيمة السنوية AW، وهكذا نختار البديل B مجدداً لأنه يحقق القيمة العليا ($332).

موقع إنترنت مرافق (http://www.prenhall.com/sullivan-engineering/): موردو المنتجات الفضائية، مثل رقائق التفريغ القابلة للانتفاخ inflatable evacuation slides، أرماث النجاة life rafts، وعوامات الطائرات العمودية helicopter floats، يستخدمون وسائل قطع صناعية كبيرة. على كل حال يستلزم التلف والاهتراء الطبيعي وكذلك التقدم في التكنولوجيا الجديدة استبدالات دورية لهذه الآلات. قم بزيارة الموقع لمشاهدة تحليل الاستبدال (الإحلال) replacement من شركة صناعية تستخدم *فرضية التكرار*.

المثال 5-8

افترضْ أن المثال 5-7 عُدِّل بحيث تصبح مدة التحليل المستخدمة 6 سنوات (فرضية الحدود المشتركة) بدلاً من 12 سنة، التي كانت تستند إلى فرضية التكرار والمضاعف المشترك الأدنى للأعمار المجدية. فربما لم يوافق المدير المسؤول على فرضية التكرار ويرغب بمدة تحليل للبدائل تساوي 6 سنوات لأنها هي الأفق الزمني للتخطيط المستخدم في الشركة لمشروعات الاستثمار الصغيرة.

الحل

الفرضية المستخدمة لبديل الاستثمار (عندما يكون العمر المجدي أقل من مدة الدراسة) هي أن جميع التدفقات النقدية سيُعاد استثمارها من قبل الشركة عند المعدل MARR حتى نهاية مدة الدراسة. وتنطبق هذه الفرضية على البديل A، الذي يبلغ عمره المجدي 4 سنوات (أقل من مدة الدراسة بسنتين)، ويتوضح ذلك في الجزء 2 من (الشكل 6.5).

وباستخدام طريقة القيمة المستقبلية FW لتحليل هذه الحالة:

$$FW(10\%)_A = [-\$3,500(F/P, 10\%, 4) + (\$1,255)(F/A, 10\%, 4)](F/P, 10\%, 2)$$
$$= \$847$$
$$FW(10\%)_B = -\$5,000(F/P, 10\%, 6) + (\$1,480)(F/A, 10\%, 6)$$
$$= \$2,561$$

واستناداً إلى القيمة المستقبلية FW لكـــل بديل في نهاية مدة الدراسة البالغة ست سنوات، سنختار البديل B لأنه يحقق القيمة العليا ($2,561).

المثال 5-9

أصبحتَ الآن عضواً في فريق مشروع هندسي يقوم بتصميم منشأة معالجة جديدة. تتضمن مهمتك الحالية في التصميم الجزء المتعلق بنظام التقطير Catalytic system الذي يتطلب ضخ طَفْل (slurry) هيدروكربونـــي وهي مادة حاتة (أكالة) وتحوي أجزاء حاكة. وبهدف التحليل والمقارنة النهائيين، قمت باختيار وحدتين مبطنتين كلياً لضخ الطَّفل، بسعة إنتاج متساوية، من مصنعين مختلفين. كل وحدة تحقق القطر الأكبر المطلوب للدفع ومجهزة بمحرك كهربائي متكامل بمراقبات للحالة الصلبة. وتوفر كل من الوحدتين نفس مستوى الخدمة (الدعم) لنظام التقطير ولكن لكل منهما عمر مجدٍ وتكاليف مختلفة.

	نوع المضخة	
	SP240	HEPS9
الاستثمار الرأسمالي	$33,200	$47,600
النفقات السنوية:		
الطاقة الكهربائية	$2,165	$1,720
الصيانة	$1,100 في السنة 1، ثم تزيد بمعدل $500 سنوياً بعد ذلك.	$500 في السنة 4، ثم تزيد بمعدل $100 سنوياً بعد ذلك
العمر المجدي (سنوات)	5	9
القيمة السوقية (نهاية العمر المجدي)	0	5,000

تحتاج شركتك لمنشأة المعالجة الجديدة لمدة مستقبلية بحيث تحقق متطلبات التشغيل وفق توقعات الخطة الاستراتيجية. قيمة MARR تساوي 20% سنوياً. استناداً إلى هذه المعلومات، ما هو النوع الذي عليك اختياره من هذين النوعين لمضخة الطَّفل؟

الحل

فرضية التكرار هي الاختيار المنطقي لهذا التحليل، وفي هذه الحالة يمكن استخدام مدة دراسة تمتد إلى زمن غير محدد أو مدة 45 سنة (المضاعف المشترك الأصغر للأعمار المجدية). بالتكرار، تتساوى القيمة السنوية AW خلال العمر المجدي الأولي لكل بديل مع القيمة السنوية AW خلال أي مدة تمثل مدة الدراسة.

$$AW(20\%)_{SP240} = -\$33,200(A/P, 20\%, 5) - \$2,165 - [\$1,100 + \$500(A/G, 20\%, 5)]$$
$$= -\$15,187$$
$$AW(20\%)_{HEPS9} = -\$47,600(A/P, 20\%, 9) + \$5,000(A/F, 20\%, 9)$$
$$-\$1,720 - [\$500(P/A, 20\%, 6)$$
$$+ \$100(P/G, 20\%, 6)] \times (P/F, 20\%, 3) \times (A/P, 20\%, 9)$$
$$= -\$13,622$$

استـــناداً إلى القاعدة 2 (الفقرة 2.2.5)، ينبغي اختيار النوع HEPS9، لأن القيمة الســـنوية AW خلال عمر المضخة المجدي (تسع سنوات) تساوي قيمة سالبة أقل (-$13,622).

وكمعلومات إضافية، تدعم النقطتان التاليتان اختيار فرضية التكرار في المثال 5-9:

1. تتلاءم فرضية التكرار مع أفق التخطيط الطويل لمنشأة المعالجة الجديدة، ومع متطلبات التصميم والتشغيل لنظام التقطير.
2. إذا تغيرت تقديرات التكلفة الأولية لدورات الاستبدال المستقبلية للمضخة، فإن الفرضية المنطقية هي بأن نسبة قيم AW للبديلين ستبقى نفسها تقريباً. حيث إن المنافسة بين المصنعين يجب أن تؤدي إلى حدوث ذلك. وبذلك ستبقى المضخة المختارة (النوع HEPS9) في كونها البديل الأفضل.

أما في حال إعادة التصميم أو ظهور أنواع جديدة لمضخات الطفل فينبغي إجراء دراسة أخرى لتحليل ومقارنة جميع البدائل المجدية قبل استبدال المضخة المختارة.

يوضح المثال التالي مقارنة بديلين استبعاديين لزيادة السعة الإنتاجية لنظام حرج critical في مصنع عبر تحسين توفره لأغراض التشغيل.

المثال 5-10

يحاول مهندس موثوقية Reliability في مصنع منتجات إلكترونية تقليل وقت التوقف لنظم إنتاج حرجة. وهناك رغبة في تحسين التوفر التشغيلي لهذه النظم بحيث تزيد طاقة (سعة) الإنتاج الكامنة للمصنع. ويُستخدم أحد النظم الحرجة الخاضعة للمراجعة في تصنيع وحدات للتحكم الإلكترونـــي يمكن استخدامها في معظم التطبيقات المنـــزلية. توصل فريق تحسين الموثوقية إلى تطوير بديلين استبعاديين لتحسين التوفر التشغيلي لهذا النظام. وتنطوي هذه البدائل على فروق في تقنيات المراقبة بالوقت الحقيقي (الصيانة التـــي تعتمد على التنبؤ)، وفي إجراءات الصيانة الوقائية المخططة سلفاً، وأيضاً في دعم نظام معلومات الكمبيوتر، وكذلك في التدريب الشخصي. وأيضاً، هناك فروق في نفقات الصيانة السنوية وحجم الزيادة في توفر النظام. وقد تم التوصل إلى التقديرات التالية، كقيم نسبية إلى نظام التشغيل الحالي:

العامل	البديل A1	البديل A2
الاستثمار الرأسمالي	$260,000	$505,000
نفقات الصيانة السنوية		
الزيادة	$9,400	0
النقص (الاقتصاد)	0	$6,200
زيادة توفر النظام	4%	6.5%

بافتراض أن MARR = 18% في السنة، وأن مدة التحليل تساوي خمس سنوات، وأن الوحدات الإضافية المنتجَة يمكن بيعها فوراً، ويبلغ التوفر الوسطي الحالي للنظام (80.3%) ويؤدي إلى إنتاج وبيع 7,400 وحدة شهرياً، وكل 1% زيادة في التوفر الوسطي للنظام تؤدي إلى زيادة 0.7% في طاقة الإنتاج للمصنع، وكل وحدة إضافية تباع تؤدي إلى زيادة العائدات بمقدار 48.20$. (أ) اختر البديل الأفضل باستخدام طريقة IRR، و(ب) ما هي القاعدة (فقرة 2.2.5) المُستخدَمة في الاختيار؟ لماذا؟

الحل

(أ) تتطلب طرائق معدل العائد استخدام أسلوب تحليل تزايد الاستثمار. وترتيب البدائل لتحليل التزايد، استناداً إلى الاستثمار الرأسمالي، هو: عدم القيام بشيء، ثم A1، ثم A2. ولما كانت هذه البدائل استبعادية، فالخطوة التالية هي بالتحقق: هل A1 بديل أساسي مقبول:

$$\begin{aligned} PW(18\%)_{A1} &= -\$260{,}000 - \$9{,}400(P/A, 18\%, 5) \\ &\quad + 4(0.007)(7{,}400)(12)(\$48.20)(P/A, 18\%, 5) \\ &= \$85{,}382 \end{aligned}$$

وبسبب أن $PW(MARR = 18\%)_{A1} > 0$، نعلم أن $IRR_{A1} > MARR$، والبديل A1 بديل أساسي مقبول. بعد ذلك، نحتاج لإيجاد IRR لتزايد التدفق النقدي بين البديلين A1 وA2:

$$\begin{aligned} 0 &= [-\$505{,}000 - (-\$260{,}000)] + [\$6{,}200 - (-\$9{,}400)](P/A, i'\%, 5) \\ &\quad + (6.5 - 4.0)(0.007)(7{,}400)(12)(\$48.20)(P/A, i'\%, 5) \end{aligned}$$

بالاستيفاء الخطي (الفقرة 6.4)، نجد أن $i'\% = 24.7\%$ في السنة، وهي أكبر من MARR التـي تساوي 18% في السنة. لذا فإن، رأس المال الإضافي المستثمر في A2 زيادة عن ذلك المستثمر في A1 مبرر اقتصادياً، وسيجري اختيار البديل A2.

(ب) طُبِّقت في هذا المثال القاعدة 1، الفقرة 2.2.5، بسـبب اختلاف المنافع الاقتصادية بين البدائل والحاجـة إلى زيادة الربحية الإجمالية.

يوضح المثال 5-11 كيفية التعامل مع الحالات التـي نحتاج فيها لعدة آلات لتحقيق طلب سنوي ثابت من منتج أو خدمة. ويمكن حل هذا النوع من المسائل باستخدام القاعدة 2 وفرضية التكرار.

المثال 5-11

ترغب شركـة أبكس الصناعية Apex Manufacturing Company بتصنيع ثلاثة منتجات في مصنع جديد يتبع لها. ويحتاج كل من هذه المنتجات إلى نفس عملية التصنيع، إلا أن تصنيع كل منها يستغرق وقتاً مختلفاً من آلة الثقب. وتجري دراسة نوعين من آلات الثقب (M1 وM2) بهدف الشراء، حيث ينبغي اختيار أحد هذين النوعين.

يبين الجدول الآتـي متطلبات الإنتاج السنوية (مقدرة بساعات آلة الثقب) ونفقات التشغيل السنوية (للآلة) وذلك لتحقيق نفس المستوى من الطلب السنوي على هذه المنتجات الثلاثة. ما هو النوع الذي يجب اختياره من هذين النوعين إذا كان معدل العائد المقبول الأدنـى MARR يساوي 20% في السنة؟ بيّن طريقة العمل التـي اتبعتها لدعم توصيتك

(استخدم القاعدة 2 في الفقرة 2.2.5 للتوصل إلى توصيتك).

المنتج	الآلة M1	الآلة M2
ABC	1,500 ساعة	900 ساعة
MNQ	1,750 ساعة	1,000 ساعة
STV	2,600 ساعة	2,300 ساعة
	5,850 ساعة	4,200 ساعة
الاستثمار الرأسمالي	$15,000 بالآلة	$22,000 بالآلة
العمر المتوقع	5 سنوات	8 سنوات
النفقات السنوية	$4,000 بالآلة	$6,000 بالآلة

الفرضيات: يعمل المصنع لمدة 2,000 ساعة في السنة. وتتوفر الآلة M1 بمعدل 90% أما الآلة M2 فتتوفر بمعدل 80%. ناتج الآلة M1 هو 95% وناتج الآلة M2 هو 90%. وتستند نفقات التشغيل السنوية إلى تشغيل مفترض 2,000 ساعة في السنة، ويحصل العمال على أجورهم حتـــى عند تعطل أي من الآلتين M1 وM2. وتهمل قيم الاسترداد (السوقية) لكلا الآلتين.

الحل

ستحتاج الشركة إلى: 3.42 = [(0.95)(0.90)5,850 hr/ [2,000 hr (4 آلات من النوع M1) أو: 4,200 hr/[2,000 hr(0.80)(0.90)] = 2.92 (3 آلات من النوع M2). يجب ضرب وقت التشغيل الكلي البالغ 2,000 ساعة في السنة والذي يظهر في مقام الكسر بمعدل توفر كل آلة وبناتج كل آلة وفق ما هو مبين.

التكلفة السنوية لامتلاك الآلة M1، وذلك بفرض أن MARR = 20% في السنة، هي: $15,000(4)(A / P, 20\%, 5) = \$20,064$ وللآلة M2: $\$22,000(3)(A / P, 20\%, 8) = \$17,200$.

سيؤدي استخدام أربع آلات من النوع M1 أو ثلاث آلات من النوع M2 إلى (سعة) طاقة إنتاج فائضة تتجاوز الوقت اللازم توفيره من ساعات الآلة (وهو 5,850 و 4,200، على الترتيب). وإذا افترضنا أن عامل التشغيل سينال أجره حتـــى في وقت تعطل الآلة (توقف الآلة عن العمل) سواء للآلة M1 أو M2، فإن النفقات السنوية لتشغيل أربع آلات من M1 هو: $16,000 = $4,000 × 4 ولثلاث آلات M2 تبلغ النفقات السنوية: $18,000 = $6,000 × 3.

والتكلفة السنوية الكلية المكافئة للآلات الأربعة من النوع M1 هي: $36,064 = $20,064+$16,000، وبالمثل، تكون، النفقات الســـنوية الكلية المكافئة لثلاث آلات من النوع M2: $35,200 = $18,000 + $17,200. ويتضح أن M2 هي الخيار المفضل الذي يحقق القيمة الأقل للتكاليف المكافئة السنوية بفارق بسيط باستخدام فرضية التكرار.

1.5.5 طريقة القيمة السوقية الممكنة (الممكنة التحقيق)

يعد الحصول على التقدير الحالي للقيمة السوقية (الذي يمكن تحقيقه في السوق) للمعدات أو أي نوع آخر من الأصول الأسلوب الأفضل في الممارسة الهندسية عندما تكون هناك حاجة لمعرفة القيمة السوقية في الزمن T الذي هو أقصر من العمر المجدي. إلا أن هذه الطريقة قد لا تكون مجدية في بعض الحالات. فمثلاً، قد يكون الأصل من النوع الذي يتصف بانخفاض دورته التجارية في السوق وهذا يؤدي إلى عدم توفر المعلومات عن العمليات الحالية المتعلقة به. ولذلك فمن الضروري في بعض الأحيان تقدير القيمة السوقية للأصل دون توفر بيانات حالية وتاريخية عنه.

وهنا يمكن استخدام تقنية *القيمة السوقية الممكنة*، التـــي تدعى أحياناً القيمة السوقية *الضمنية*، وكذلك يمكن استخدامها لمقارنة القيم السوقية عند توفر البيانات الحالية. يستند أسلوب التقدير المستخدم في هذه التقنية إلى فرضيات منطقية بشأن قيمة الزمن المتبقي من العمر المجدي للأصل. فإذا كانت هناك حاجة لمعرفة القيمة السوقية الممكنة للمعدات، وليكن في نهاية السنة T والتـــي تقل عن العمر المجدي، فإن حساب القيمة التقديرية استناداً إلى مجموع الجزأين يكون كما يلي:

القيمة السوقية MV_T = [القيمة الحالية PW في نهاية السنة T لمبالغ (دفعات) تغطية رأس المال المتبقية]

+[القيمة الحالية PW في نهاية السنة T للقيمة السوقية الأصلية المقدرة في نهاية العمر المجدي]

حيث تُحسب القيمة الحالية عند i = MARR.

وفي المثال التالي تُستخدم معلومات المثال 5-9 لتوضيح هذه التقنية.

المثال 5-12

استخدم تقنية القيمة الســـوقية الممكنة في تقدير القيمة الســـوقية للمضخة من النوع HEPS9 (مثال 5-9) وذلك في نهاية السنة 5. وبحيث تبقى MARR = 20% في السنة.

الحل

ستُستخدم المعلومات الأصلية في المثال 5-9 في الحل: الاستثمار الرأسمالي = $47,600، العمر المجدي = تسع سنوات، والقيمة السوقية = $5,000 في نهاية العمر المجدي.

بحساب القيمة الحالية PW في نهاية السنة الخامسة للمبالغ المتبقية اللازمة لتغطية رأس المال [المعادلة (5-4)]:

$$PW(20\%)_{CR} = [\$47,600(A/P, 20\%, 9) - \$5,000(A/F, 20\%, 9)] \times (P/A, 20\%, 4)$$
$$= \$29,949$$

بحساب القيمة الحالية PW في نهاية السنة الخامسة، استناداً إلى القيمة السوقية MV الأصلية في نهاية العمر المجدي (9 سنوات):

$$PW(20\%)_{MV} = \$5,000(P/F, 20\%, 4) = \$2,412$$

بعد ذلك، تحسب القيمة السوقية التقديرية في نهاية السنة الخامسة ($T = 5$) كما يلي:

$$MV_5 = PW_{CR} + PW_{MV}$$
$$= \$29,949 + \$2,412 = \$32,361$$

كمعلومات إضافية، إذا استخدمنا القيمة السوقية التقديرية MV_5 = $32,361 المحسوبة للمضخة HEPS9 في المثال 5-12 لتحديد القيمة السنوية AW للمضخة خلال مدة التحليل البالغة خمس سنوات، فالنتيجة هي AW = -$13,449 (دون عرض الحسابات). وهذه النتيجة قريبة جداً من AW = -$13,662 لنفس المضخة خلال عمرها المجدي (تسع سنوات) التـــي تنتج في المثال 5-6 باستخدام فرضية التكرار. ويعود الفرق (-$172) إلى نفقات الصيانة التـــي تمثل سلسلة متزايدة بانتظام للتدفقات النقدية. فإذا ما جُعلتْ نفقات الصيانة مبالغ سنوية متساوية خلال كل من مدتـــي الدراسة، فإن قيمة AW للمضخة ستكون نفسها. أي إنه عندما تكون التدفقات النقدية السنوية (مثل: الطاقة، الصيانة، وغيرها) خلال العمر المجدي للأصل هي نفسها خلال مدة الدراسة المقتطعة (المجتزأة) التـــي هي أقل من العمر المجدي، فإن القيم السنوية

AW ستكون نفسها خلال كل من (العمر المجدي ومدة الدراسة)*. وفي هذه الحالة، سيؤدي استخدام فرضية التكرار، أو استخدام القيمة السوقية الممكنة لقطع العمر المجدي في نهاية مدة الدراسة الأقصر، إلى الحصول على نفس القيم السنوية AW.

يمكن تلخيص استخدام فرضية التكرار للحالة 2 عبر القاعدة البسيطة الآتية: "مقارنة البدائل خلال أعمارها المجدية باستخدام طريقة القيمة السنوية AW عند i = MARR". إلا أن هذا التبسيط قد لا يطبق عندما يكون من المناسب لحالة القرار اختيار مدة للدراسة أقصر أو أطول من المضاعف المشترك لأعمار الأصول (فرضية الحدود المشتركة). وعند استخدام فرضية الحدود المشتركة، تحتاج بدائل التدفقات النقدية عادة إلى التعديل بحيث تنتهي في نهاية مدة الدراسة. ويتطلب تعديل هذه التدفقات النقدية عادة إلى تقدير القيمة السوقية للأصول في نهاية مدة الدراسة أو مدّ الخدمة إلى نهاية مدة الدراسة عبر فرضية الاستئجار أو بعض الفرضيات الأخرى.

6.5 مقارنة البدائل باستخدام طريقة القيمة الرأسمالية

أحد التغيرات الخاصة لطريقة القيمة الحالية PW التي نوقشت في الفصل 4 يتضمن تحديد القيمة الحالية لجميع العائدات أو النفقات خلال مدة غير محددة الطول. وهو ما يعرف بطريقة *القيمة الرأسمالية* (*Capitalized Worth* CW). وإذا اعتُبرت النفقات فقط، فإن النتائج التي نحصل عليها من هذه الطريقة تدعى أحياناً *بالتكلفة الرأسمالية*. وتشكل القيمة الرأسمالية أساساً مألوفاً لمقارنة البدائل الاستبعادية عندما تكون مدة الحاجة إلى الخدمة غير محدودة الطول وحيث يمكن تطبيق فرضية التكرار.

القيمة الرأسمالية CW لسلسلة لا نهائية من الدفعات المنتظمة لنهاية المدة A، بفائدة i% في المدة، تساوي $A(P/A, i\%, \infty)$. ومن عبارات الفائدة، يمكن أن نرى أن: $(P/A, i\%, N) \rightarrow 1/i$ عندما تصبح N كبيرة جداً. وتكون $\mathrm{CW} = A/i$ لهذه السلسلة، كما يمكن رؤية ذلك من العلاقة:

$$\mathrm{CW}(i\%) = \mathrm{PW}_{N\to\infty} = A(P/A, i\%, \infty) = A\left[\lim_{N\to\infty} \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N}\right] = A\left(\frac{1}{i}\right)$$

لذلك فإن، القيمة الرأسمالية CW للمشروع عند معدل الفائدة i% في السنة هي القيمة السنوية المكافئة للمشروع خلال عمره المجدي مقسومة على i.

القيمة السنوية AW لسلسلة دفعات قيمة كل منها $\$X$ في نهاية كل k مدة بمعدل فائدة i% في كل مدة هي $\$X(A/F, i\%, k)$. وهكذا يمكن حساب القيمة الرأسمالية CW لهذه السلسلة بالشكل $\$X(A/F, i\%, k)/i$.

المثال 5-13

ترغب شـركة أن تمنح مخبراً لعمليات التصنيع إلى جامعة. ويمكن للمبلغ الأصلي للمنحة أن يحقق فائدة وسطية تساوي 8% سنوياً، وبحيث تكفي قيمة هذه المنحة لتغطية جميع النفقات التي تنجم عن الإنشاء والصيانة للمخبر لمدة طويلة غير محدودة (إلى الأبد). تقدر حاجة المخبر النقدية بأنها تبلغ 100,000$ الآن (لإنشائه)، و30,000$ في السنة لأجل

* أضيفت الجملة بين القوسين لتوضيح المعنى (المترجم).

غير محدد، و$20,000 في نهاية كل سنة رابعة (وإلى الأبد) لاستبدال المعدات.

(آ) ما هي مدة الدراسة (N) لهذا النوع من المسائل، التـــي يمكن القول عنها عملياً بأنها "إلى الأبد"؟

(ب) ما هو مبلغ المنحة اللازم لإنشاء المخبر وتحقيق إيراد كافٍ من الفائدة لدعم المتطلبات النقدية المتبقية لهذا المخبر إلى الأبد؟

الحل

(آ) تعتمد المدة العملية التـــي تمثل "إلى الأبد" (اللانهاية) على قيمة معدل الفائدة. وباختبار العامل (P/A, i%, N) مع زيادة قيمة N، نلاحظ أن هذا العامل يقترب من قيمة $1/i$. فإذا كانت $i = 8\%$ يكون ($1/i = 12.5000$)، ويلاحظ أن العامل (P / A, 8%, N) يساوي 12.4943 عندما $N = 100$. لذا، يمكن القول إن $N = 100$ هي إلى الأبد (∞) عندما $i = 8\%$. ومع زيادة قيمة معدل الفائدة، تقل المدة المقاربة لتعبير إلى الأبد بصفة ملحوظة. فمثلاً عندما تكون$i = 20\%$ يكون ($1/i = 5.000$)، فإن الاقتراب من قيمة إلى الأبد يكون باستخدام نحو 40 سنة، إذ إن العامل(P / A, 20%, N) يساوي 4.9966 عندما يكون $N = 40$.

(ب) لحساب قيمة المنحة اللازمة لإنشاء وتشغيل المخبر إلى الأبد، فإن قيمة هذه المنحة هي نفسها التكلفة الرأسمالية للمبالغ النقدية المطلوبة لإنشاء وصيانة المخبر. وباستخدام العلاقة: i/ (التكلفة السنوية المكافئة) CW = A / i، فيمكن حساب قيمة المنحة كما يلي:

$$\text{CW}(\%8) = \frac{-\$100,000(A/P,\%8,\infty) - \$30,000 - \$20,000(A/F,\%8,4)}{0.08}$$
$$= \frac{-\$8,000 - \$30,000 - \$4,438}{0.08}$$
$$= -\$530,475,$$

حيث تعطى قيمة العامل (A / P, 8%, ∞) في الجدول ج-11 (الملحق ج) بأنها مساوية لـ 0.08000.

يمكن استخدام طريقة أخرى لتحديد قيمة المبلغ الأصلي للمنحة اللازمة في هذا المثال وذلك بتخصيص ما يكفي لإنشاء المخبر ($100,000) ثم ترك قسم من المبلغ الأصلي لتمويل ما يكفي لتحقيق عائد يغطي تكاليف الصيانة السنوية ($30,000) وتكاليف الاستبدالات الدورية للمعدات والتـــي تبلغ ($20,000 في نهاية كل سنة رابعة). وباستخدام هذا المنطق، نجد:

$$CW(8\%) = -\$100,000 - \left[\frac{\$30,000 + \$20,000(A/F,8\%,4)}{0.08}\right]$$
$$= -\$100,00 - \left[\frac{(\$30,000 + \$4,438)}{0.08}\right]$$
$$= -\$530,475$$

التـــي هي بالطبع نفس قيمة CW الناجمة عن الحسابات السابقة.

المثال 14-5

ينبغي الاختيار بين تصميمين إنشائيين. وبسبب أن العائدات غير موجودة (أو يمكن افتراض أنها متســاوية)، فيجري

فقط تقدير التدفقات النقدية السالبة (التكاليف) والقيمة السوقية في نهاية العمر المجدي، كما يلي:

	المنشأ M	المنشأ N
الاستثمار الرأسمالي	$12,000	$40,000
القيمة السوقية	0	$10,000
النفقات السنوية	$2,200	$1,000
العمر المجدي (سنوات)	10	25

باستخدام فرضية التكرار وطريقة القيمة الرأسمالية CW في التحليل، حدِّد أي التصميمين أفضل إذا كان MARR = 15% سنوياً.

الحل

تُحسب القيمة السنوية المكافئة AW خلال العمر المجدي لكل من التصميمين البديلين، وذلك عند MARR = %15 في السنة، كما يلي:

$$AW(15\%)_M = -\$12,000(A/P, 15\%, 10) - \$2,200 = -\$4,592$$

$$AW(15\%)_N = -\$40,000(A/P, 15\%, 25) + \$10,000(A/F, 15\%, 25) - \$1,000$$
$$= -\$7,141$$

ثم تُحسب القيم الرأسمالية CW لكل من التصميمين M وN كما يلي:

$$CW(\%15)_M = \frac{AW_M}{i} = \frac{-\$4,592}{0.15} = -\$30,613$$

$$CW(\%15)_N = \frac{AW_N}{i} = \frac{-\$7,141}{0.15} = -\$47,607$$

واستناداً إلى CW لكل من التصميمين الإنشائيين، ينبغي اختيار البديل M لأنه يحقق القيمة الأقل (-$30,613)

7.5 تحديد بدائل الاستثمار الاستبعادية بدلالة تركيب المشروعات

من المفيد تصنيف فرص (مشروعات) الاستثمار إلى ثلاث مجموعات رئيسية كما يلي:

1. *الاستبعادية Mutually exclusive*: يمكن اختيار مشروع واحد على الأكثر من المجموعة.
2. *المستقلة Independent*: اختيار المشروع مستقل عن اختيار أي مشروع آخر في المجموعة، وهكذا يمكن اختيار جميع المشاريع أو عدم اختيار أي منها أو اختيار عدد من المشاريع بين هذين الحدين.
3. *المشروطة (غير المستقلة) Contingent*: يعتمد اختيار المشروع على اختيار واحد أو أكثر من المشروعات الأخرى.

يواجه صانعو القرار عادة مجموعة من المشروعات الاستثمارية الاستبعادية أو المستقلة أو المشروطة. فعلى سبيل المثال يمكن أخذ حالة مقاول الإنشاء الذي يدرس الاستثمار في سيارة قلاب، أو في مجرفة خلفية (باجر) backhoe، أو في توسيع مبنى المكتب المركزي. ولكل من هذه المشاريع الاستثمارية، قد يتوفر بديلان استبعاديان أو أكثر (أي نوعان من القلابات، أو نوعان من الجرافات، أو تصاميم مختلفة لتوسيع مبنى المكاتب). في حين أن اختيار تصميم مبنى المكاتب غالباً ما يكون مستقلاً عن اختيار نوع القلاب أو الجرافة، إلا أن اختيار أي نوع من الجرافات قد يكون مشروطاً

(متعلقاً) بالقرار المتعلق بشراء القلاب.

تتطلب الطريقة العامة وضع جميع المشروعات في قائمة ودراسة كل التركيبات المجدية من المشاريع. *وهذه التركيبات من المشاريع ستكون تركيبات استبعادية*. كل تركيب من المشاريع هو تركيب استبعادي لأن كلاً منها يعد تركيباً وحيداً، وقبول أحد التركيبات للمشاريع الاستثمارية يمنع قبول أي من التركيبات الأخرى. ويُحدَّد التدفق النقدي الكلي الصافي لكل تركيب ببساطة بجمع التدفقات النقدية لكل مشروع متضمن في التركيب الاستبعادي المدروس مدة بمدة.

فمثلاً، بافتراض أنه لدينا ثلاثة مشروعات: *A*، *B*، و*C*. يمكن اختيار كل من هذه المشروعات مرة واحدة أو عدم اختياره بالمرة. (أي، لا يمكن اختيار مشروعين *A*). إذا كانت هذه المشروعات استبعادية، فإن التركيبات الاستبعادية الأربعة الممكنة تظهر في (الجدول 7.5). إذا شعرت الشركة أن أحد هذه المشروعات ينبغي اختياره (أي إنه، من غير المسموح عدم قبول جميع المشروعات)، فعندها ينبغي حذف أحد التركيبات الاستبعادية من الدراسة، ويبقى لدينا ثلاثة بدائل استبعادية.

الجدول 7.5: تركيبات ثلاثة بدائل استبعادية[a]

التركيب الاستبعادي	المشروع			الشرح
	X_A	X_B	X_C	
1	0	0	0	عدم قبول أي مشروع
2	1	0	0	قبول A
3	0	1	0	قبول B
4	0	0	1	قبول C

[a] لكل مشروع استثمار هناك متحول ثنائي X_j يأخذ القيم 0 أو 1 وهذا يدل على رفض المشروع *j* (0)، أو قبوله (1). كل سطر من الأرقام الثنائية يمثل بديلاً استثمارياً بدلالة تركيب المشروعات (تركيب استبعادي)، وسيُستخدم هذا الترميز (الاصطلاح) في بقية هذا الكتاب.

أما إذا كانت المشروعات الثلاثة مستقلة، فإن هناك ثمانية تركيبات استبعادية، كما يبين (الجدول 8.5).

الجدول 8.5: التركيبات الاستبعادية لثلاثة مشروعات مستقلة.

التركيب الاستبعادي	المشروع			الشرح
	X_A	X_B	X_C	
1	0	0	0	عدم قبول أي مشروع
2	1	0	0	قبول *A*
3	0	1	0	قبول *B*
4	0	0	1	قبول *C*
5	1	1	0	قبول *A* و*B*
6	1	0	1	قبول *A* و*C*
7	0	1	1	قبول *B* و*C*
8	1	1	1	قبول *A* و*B* و*C*

ولتوضيح أحد الأمثلة العديدة للمشروعات المشروطة، افترض أن A مشروط بقبول كل من B وC وأن C مشروط بقبول B. وهذا يؤدي إلى توفر أربعة تركيبات استبعادية:(1) عدم القيام بشيء، (2) B فقط، (3) B وC، (4) A وB وC.

الجدول 9.5: تركيبات استبعادية لمجموعتين مستقلتين من المشروعات الاستبعادية.

التركيب الاستبعادي	المشروع				الشرح
	X_{A1}	X_{A2}	X_{B1}	X_{B2}	
1	0	0	0	0	عدم قبول أي مشروع
2	1	0	0	0	قبول A1
3	0	1	0	0	قبول A2
4	0	0	1	0	قبول B1
5	0	0	0	1	قبول B2
6	1	0	1	0	قبول A1 وB1
7	1	0	0	1	قبول A1 وB2
8	0	1	1	0	قبول A2 وB1
9	0	1	0	1	قبول A2 وB2

افترضْ أن شركة ما تدرس مجموعتين مستقلتين من المشروعات الاستبعادية. أي إن المجموعة الأولى تتألف من المشروعين A1 وA2 وهما مشروعان استبعاديان، كالمشروعين المجموعة B1 وB2. إن اختيار أي مشروع من مجموعة المشروعين A1 وA2 مستقل عن اختيار أي مشروع من مجموعة المشروعين B1 وB2. ويعنـــي الاستقلال هنا أن اختيار مشروع من المجموعة A لا يؤثر على اختيار مشروع من المجموعة B. ويبين (الجدول 9.5) جميع التركيبات الاستبعادية لهذه الحالة.

المثال 15-5

يبين الجدول التالي ثلاثة مشروعات هندسية مستقلة لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة، ما هو البديل الذي ينبغي اختياره باستخدام طريقة AW؟ وذلك إذا كان MARR = 10% في السنة، وفي حال عدم وجود حدود على الموازنة اللازمة لتمويل الاستثمار الكلي لهذا النوع من المشروعات.

المشروع	الاستثمار الرأسمالي I	التدفق النقدي السنوي الصافي	العمر المجدي (سنوات)	القيمة السوقية (في نهاية العمر)
E1	$10,000	$2,300	5	$10,000
E2	12,000	2,800	5	0
E3	15,000	4,067	5	0

الجدول 10.5: المثال 15.5 (طريقة AW).

المشروع	(1) التدفق النقدي السنوي الصافي	(2) المبلغ السنوي لتغطية رأس المال (تكلفة)	(3) = (1) - (2) AW
E1	$2,300	$1,000	$1,300
E2	2,800	3,166	-366
E3	4,067	3,957	110

الحل

كما يبين (الجدول 10.5) للمشروعين E1 وE3 قيم سنوية AW موجبة، وهذا يعني أهما مقبولان للاستثمار، أما المشروع E2 فهو غير مقبول. ونحصل على نفس النتيجة فيما يتعلق بالقبول أو عدم القبول باستخدام طرائق القيمة المكافئة الأخرى أو طرائق معدل العائد. وبسبب عدم وجود قيود على الموازنة لمحمل التمويل الاستثماري المتوفر يوصى بتنفيذ كلا المشروعين E1 وE3.

يبين (المثال 5-16) كيف نُعِدّ التركيبات الاستبعادية للمشاريع (البدائل الاستثمارية) من مجموعة من المشروعات تتضمن العلاقات الأساسية الثلاث فيما بينها (استبعادية، ومستقلة، ومشروطة)، ثم اختيار المجموعة المثلى من المشروعات ضمن وجود قيد على موازنة رأس المال الاستثمارية.

المثال 5-16

فيما يلي خمسة مشروعات مقترحة للدراسة من قبل مهندس في شركة للنقل المتكامل وذلك لتحديث آلة نقل متوسطة للحمولات التي تقل عن حمولة الشاحنة من السلع الاستهلاكية. كما ترد العلاقات بين هذه المشروعات وتدفقاتها النقدية لمرحلة الموازنة القادمة. ويلاحظ أن بعض هذه المشروعات استبعادية، وأن B1 وB2 مستقلان عن C1 وC2. كما يلاحظ أيضاً اشتراط بعض المشروعات لتنفيذ مشروعات أخرى ومن ثم يجب أن تتضمنها المجموعة المختارة. ما هو التركيب الأفضل من هذه المشروعات باستخدام طريقة القيمة الحالية PW وحيث MARR = 10%، وذلك إذا كان رأس المال المطلوب استثماره (أ) غير محدود، (ب) محدود بمبلغ $48,000.

المشروع B1 } استبعاديان ومستقلان عن المجموعة C
المشروع B2

المشروع C1 } استبعاديان ويعتمد تنفيذهما (مشروط) بقبول B2
المشروع C2

المشروع D مشروط بقبول C1

الجدول 11.5: التدفقات النقدية للمشروع والقيم الحالية PW (مثال 16.5)

المشروع	التدفقات النقدية لنهاية السنة (بآلاف الدولارات)					القيمة الحالية PW (بآلاف الدولارات)
	0	1	2	3	4	عند المعدل MARR = 10% /yr
B1	-$50	$20	$20	$20	$20	$13.4
B2	-30	12	12	12	12	8.0
C1	-14	4	4	4	4	-1.3
C2	-15	5	5	5	5	0.8
D	-10	6	6	6	6	9.0

الحل

يبين العمود الأيسر من (الجدول 11.5) القيمة الحالية PW لكل مشروع، وكمثال على الحساب، القيمة الحالية PW

للمشروع B1 هي:

$$PW(10\%)_{B1} = -\$50,000 + \$20,000(P/A, 10\%, 4) = \$13,400$$

الجدول 12.5: التركيبات الاستبعادية للمشروع (مثال 5-16).

التركيب الاستبعادي	المشروع				
	B1	**B2**	**C1**	**C2**	**D**
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	1	1	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	1

ويبين (الجدول 12.5) التركيبات الاستبعادية للمشاريع. ولم يُحذف المشروع C1 (والذي قيمته الحالية أقل من الصفر) من الاعتبار اللاحق بسبب اشتراط تنفيذ المشروع D بتنفيذه.

الجدول 13.5: التدفقات النقدية المجمعة للمشروع والقيم الحالية PW (مثال 5-16).

التركيب الاستبعادي	التدفق النقدي لنهاية السنة (بالآف الدولارات)					رأس المال المستثمر (بالآف الدولارات)	القيمة الحالية PW (بآلاف الدولارات) عند MARR = 10%/yr
	0	**1**	**2**	**3**	**4**		
1	$0	$0	$0	$0	$0	$0	$0
2	-50	20	20	20	20	50	13.4
3	-30	12	12	12	12	30	8.0
4	-44	16	16	16	16	44	6.7
5	-45	17	17	17	17	45	8.9
6	-54	22	22	22	22	54	15.7

كما يبين (الجدول 13.5) التدفقات النقدية للتركيبات المجمعة والقيمة الحالية لكل من التركيبات الاستبعادية. ومن العمود الأيسر يظهر أن التركيب الاستبعادي 6 له أعلى قيمة حالية PW إذا كان رأس المال المتوفر (في السنة 0) غير محدود، كما هو مطلوب في الجزء (أ). أما إذا كان رأس المال المتوفر محدوداً بمبلغ $48,000، كما هو مطلوب في الجزء (ب)، فإن التركيبين الاستبعاديين 2 و6 غير مجديين. وبدراسة بقية التركيبات الاستبعادية يتضح أن التركيب 5 هو الأفضل، وهذا يعني أن مجموعة المشاريع تتضمن المشروعين B2 وC2 وهي التي ينبغي اختيارها بقيمة حالية PW = $8,888.

هذا وتعد التقنية العامة المعروضة آنفاً لتنظيم الأنواع المختلفة من المشروعات في تركيبات استبعادية تقنية ممكنة الحساب عملياً. إلا أنه عند وجود عدد كبير من المشروعات، فإن عدد التركيبات الاستبعادية يصبح أكبر بكثير، ولا بد في هذه الحالة من الاستعانة ببرنامج للكمبيوتر لإنجاز الحسابات.

ينطوي عدد من المسائل المتعلقة بالاختيار بين مشروعات مستقلة على قيم مختلفة للعائدات (أو الاقتصاد) وللأعمار المجدية. وبسبب عدم إمكانية تكرار هذه المشروعات كما هي تماماً نفترض أن التدفقات النقدية للمشروعات ذوات الأعمار الأقصر سيعاد استثمارها عند معدل للعائد يساوي MARR لمدة تتبع عمر المشروع ذي العمر الأطول (للمدة التـي تساوي الفرق بـين عمر المشروع الأطول وعمر المشروع الأقصر)* (الفقرة 5.5). ويبين المثال التالي هذه الفرضية.

المثال 5-17

تدرس شركة كبيرة تمويل ثلاثة مشروعات مستقلة غير متكررة لتوسيع موانئ نهرية لدعم عملياتها في ثلاثة مناطق من الدولة. وتتوفر للشركة موازنة استثمارية لهذه المشروعات بمبلغ $200,000,000، ومعدل العائد المقبول الأدنـى للشركة يساوي 10%. في ضوء البيانات التالية، ما هو المشروع أو المشروعات التـي ينبغي تمويلها إن وجدت؟

المشروع	الاستثمار الرأسمالي I	المنافع السنوية الصافية A	العمر المجدي N	$PW(10\%) = -I + A\,(P/A, 10\%, N)$
H1	$93,000,000	$13,000,000	15	$5,879,300
H2	55,000,000	9,500,000	10	3,373,700
H3	71,000,000	10,400,000	30	27,039,760

الحل

استناداً إلى القيم الحالية PW لهذه المشروعات فإنها جميعها مبررة اقتصادياً. ومن ثم فهناك حاجة لتقييم التركيبات الاستبعادية الثمانية للمشروعات المستقلة الثلاثة (بالعودة إلى الحالة العامة التـي وردت في الجدول (8.5). ويمكن استخدام القيمة الحالية الكلية لكل تركيب في هذا التقييم. كما أن استخدام القيمة المستقبلية FW الإجمالية لكل تركيب من هذه المشروعات، في نهاية المدة المساوية لعمر المشروع الأطول (30 سنة)، التـي تساوي القيمة الحالية PW مضروبة بثابت هو $(F/P, 10\%, 30)$ سيؤدي إلى الاختيار نفسه.

وبمراجعة التكلفة الاستثمارية والقيم الحالية PW لكل من المشروعات الثلاثة يتضح أن هناك ثلاثة تركيبات استبعادية فقط تتضمن مشروعين يحتاجان للدراسة. وذلك لأن القيد على موازنة الاستثمار الرأسمالي لن يسمح بتنفيذ المشروعات الثلاثة كلها، كما أن بديل عدم القيام بشيء غير مفضل لأن كل مشروع يضيف إلى ثروة الشركة. وأيضاً يقع كل من التركيبات الثلاثة للمشروعين ضمن حدود قيد الموازنة وسيضيف أي من هذه التركيبات الثلاثة ثروة إضافية للشركة أكثر من الثروة التـي يحققها تنفيذ مشروع واحد منها. ولما كانت القيمة الحالية PW للمشروعين H1 وH3 هي القيمة الموجبة الكبرى، فينبغي اختيار هذا التركيب. وعندها تبلغ القيمة الحالية الكلية للتركيب $32,919,060، أما القيمة المسـتقبلية FW الكلية في نهاية مدة 30 سنة فتسـاوي: $\$32,919,060(F/P, 10\%, 30) = \$574,417,850$ وأما المبلغ المتبقي البالغ $36,000,000 من موازنة الاستثمار الرأسمالي البالغة $200,000,000 فيفترض أنه سيُستثمر من قبل الشركة في مشروعات أخرى تحقق على الأقل معدلاً للعائد يساوي MARR = 10% في السنة.

* الجملة بين القوسين أضيفت لتوضيح المعنـى من قبل المترجم، كما أن إعادة الاستثمار عند معدل عائد يساوي MARR لا يتطلب جهداً إضافياً في الحساب عند استخدام طريقة القيمة الحالية، لأن هذا الافتراض يعنـي أن القيمة الحالية للمدة المتبقية (الفرق بين عمر المشروع الأطول وعمر المشروع الأقصر) تساوي الصفر (المترجم).

8.5 تطبيقات الجداول الإلكترونية

بسبب الطبيعة التكرارية للحسابات السابقة، يمكن أن تكون الجداول الإلكترونية مفيدة جداً في مقارنة البدائل الاستبعادية. بإعطاء ملامح التدفق النقدي لكل بديل مدروس، يمكننا استخدام التوابع المالية في الجداول الإلكترونية (كما توضح في الفقرة 11.4) لحساب القيم المكافئة التـــي تقيس الجدوى لكل بديل. كما يمكننا أيضاً استخدام الجدول الإلكترونـــي لتحليل البدائل بأساليب تزايد IRR وERR.

يبين (الشكل 7.5) تحليل خمسة بدائل (Alpha, Beta, Gamma, Delta, Theta) باستخدام طرائق القيمة المكافئة. وتحسب المقاييس الخاصة بالقيمة المكافئة اعتماداً على التدفق النقدي الصافي لكل بديل. ويتضح أن البديل ذا القيمة المكافئة العليا هو البديل (Beta) وهو البديل المقترح للتنفيذ. وفيما يلي الصيغ الخاصة بحساب الخلايا المظللة.

الخلية	المحتوى
C11	= NPV($B$1, C5:C9) + C4
C12	= PMT($B$1, 5, –(NPV($B$1, C5:C9)+C4))
C13	= FV($B$1, 5, PMT($B$1, 5, (NPV($B$1, C5:C9) + C4)))
C14	= IF(C11 = MAX(B11:F11), "Recommend")

أما تحليل البدائل باستخدام طرائق معدل العائد فيحتاج إلى إنجاز تحليل التزايد. ومع أنه لا يوجد تابع مالي لحساب معدل العائد للتزايد، فيمكن تعديل التدفقات النقدية واستخدام التابع المالي لمعدل العائد الداخلي ( )IRR. وبعد ذلك تُتبع الخطوات التالية:

1. ترتيب البدائل وفق تزايد الاستثمار الرأسمالي.

	A	B	C	D	E	F
1	MARR	10%				
2						
3	EOY	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Theta
4	0	$ (8,000)	$ (16,000)	$ (10,000)	$ (13,000)	$ (9,500)
5	1	$ 2,500	$ 5,000	$ 2,800	$ 3,800	$ 2,000
6	2	$ 2,500	$ 5,000	$ 3,200	$ 3,800	$ 2,200
7	3	$ 2,500	$ 5,000	$ 3,400	$ 3,800	$ 2,600
8	4	$ 2,500	$ 5,000	$ 3,700	$ 3,800	$ 2,800
9	5	$ 2,500	$ 6,000	$ 3,800	$ 3,800	$ 3,000
10						
11	PW	$ 1,476.97	[illegible]	$ 2,631.20	$ 1,404.99	$ (135.02)
12	AW	$ 389.62	[illegible]	$ 694.10	$ 370.63	$ (35.62)
13	FW	$ 2,378.67	[illegible]	$ 4,237.58	$ 2,262.75	$ (217.45)
14			[illegible]			

الشكل 7.5: جدول إلكترونـــي لمقارنة البدائل الاستبعادية باستخدام طرائق القيمة المكافئة.

2. تحديد IRR لكل بديل للقرار إذا ما كان أكبر من أو يساوي معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR. وحذف أي

بدائل غير مقبولة من الدراسة اللاحقة[7].

3. تخصيص عمود للفرق بين البديل ذا الاستثمار الرأسمالي الأدنـــى (البديل الأساسي) والبديل التالي الأعلى. وينبغي تذكر أن الفرق يُحسب بطرح عمود الاستثمار الأدنـــى من عمود الاستثمار الأعلى، أي إن عمود الفرق سيأخذ قيمة سالبة للتدفق النقدي في الزمن 0.

4. حساب IRR لعمود الفرق. وهو IRR_{Δ}. وقبول البديل الأعلى فقط عندما يكون $IRR_{\Delta} \geq MARR$.

5. إعادة الإجرائية، وتشكيل عمود فرق جديد لكل مقارنة، حتـــى تتم مقارنة جميع البدائل.

MARR	10%				
ε	8%				
EOY	Alpha	Theta	Gamma	Delta	Beta
0	$ (8,000)	$ (9,500)	$ (10,000)	$ (13,000)	$ (16,000)
1	$ 2,500	$ 2,000	$ 2,800	$ 3,800	$ 5,000
2	$ 2,500	$ 2,200	$ 3,200	$ 3,800	$ 5,000
3	$ 2,500	$ 2,600	$ 3,400	$ 3,800	$ 5,000
4	$ 2,500	$ 2,800	$ 3,700	$ 3,800	$ 5,000
5	$ 2,500	$ 3,000	$ 3,800	$ 3,800	$ 6,000
IRR		9.48%	19.29%	14.15%	18.20%
ERR		8.90%	14.41%	11.39%	13.65%
Incremental Analysis					
EOY	Δ(Gamma-Alpha)	Δ(Delta-Gamma)	Δ(Beta-Gamma)		
0					
1	$ 300	$ 1,000	$ 2,200		
2	$ 700	$ 600	$ 1,800		
3	$ 900	$ 400	$ 1,600		
4	$ 1,200	$ 100	$ 1,300		
5	$ 1,300	$ -	$ 2,200		
IRR Δ		-17.20%	16.18%		
Decision		Reject	Accept		
ERR Δ	19.80%		12.33%		
Decision	Accept		Accept		

الشكل 8.5: جدول إلكترونـــي لمقارنة البدائل الاستبعادية باستخدام طرائق معدل العائد.

ويبين (الشكل 8.5) تحليل التزايد لمعدل العائد الداخلي IRR للبدائل الخمسة الواردة آنفاً. حيث أُعيد ترتيب هذه

[7] هذه الخطوة تطبق فقط عندما نقارن بدائل استثمارية. مع تذكر أنه في حالة بدائل التكلفة يكون معدل العائد أقل من الصفر عادة.

البدائل وفق تزايد الاستثمار الرأسمالي لها، وحُذف البديل Theta من الدراسة اللاحقة لأن معدل العائد الداخلي له IRR < MARR. ويتضح أن البديل Alpha هو البديل المقبول الأساسي لأنه يتطلب أقل استثمار رأسمالي ويحقق أن IRR > MARR. وبأخذ البديل التالي الأقل غلاءً وهو Gamma ومقارنة Alpha مع Gamma يظهر أن التزايد في الاستثمار مبرر لأن $IRR_{\Delta} \geq MARR$.

تجري المقارنة التالية بين Gamma وDelta. وبمقارنة IRR_{Δ} بـــ MARR، نجد أن تزايد الاستثمار غير مبرر. ويمكن التوصل إلى النتيجة نفسها بملاحظة أن مجموع التدفقات النقدية الموجبة غير المخصومة أقل من قيمة تزايد الاستثمار. وأخيراً، نقارن Gamma بـــ Beta. ولما كان $IRR_{\Delta} \geq MARR$ ولا توجد بدائل أخرى، يقترح اختيار البديل Beta. ويتسق هذا الاقتراح مع التوصيات الناتجة عن استخدام طرائق القيمة المكافئة. (انظر الشكل 7.5) ولاحظ أن البديل Gamma، الذي يحقق أعلى قيمة كلية للمعدل IRR، لم يَجْرِ اختياره كبديل مقترح (ليس هو البديل الأفضل).

ويُطبَّق الأسلوب السابق نفسه باستخدام تحليل ERR للبدائل. وتُحدَّد ببساطة معدل إعادة الاستثمار وتعويض التابع المالي MIRR( ) للتابع IRR( ). وتظهر نتائج تحليل تزايد ERR (عندما $\varepsilon = 8\%$) في أسفل (الشكل 8.5). أما الصيغ المستخدمة في الخلايا المظللة فيبينها الجدول التالي.

الخلية	المحتوى
B12	= IRR(B5:B10, $B$1)
B13	= MIRR(B5:B10, $B$1, $B$2)
B18	= D5 – B5
C18	= E5 – D5
D18	= F5 – D5
B25	= IRR(B18:B23, $B$1)
B26	= IF(B25 > = $B$1, "Accept", "Reject")
C28	= MIRR(C18:C23, $B$1, $B$2)
C29	= IF(C28 > = $B$1, "Accept", "Reject")

9.5 الخلاصة

يعتمد الفصل 5 على الفصول السابقة، التـــي تضمنت تطوير مبادئ وتطبيقات علاقات الزمن – بالمال. وتضمن هذا الفصل بوجه خاص: (1) إدخال عدد من الصعوبات المتعلقة باختيار البديل الأفضل من مجموعة استبعادية من البدائل المجدية المرشحة وذلك باستخدام مفاهيم القيمة الزمنية للمال، و(2) توضيح تطبيق طرائق تحليل الربحية التـــي ناقشها الفصل 4 لاختيار البديل الأفضل. كما تناول هذا الفصل أيضاً دراسة البدائل ذات الأعمار غير المتساوية والأنواع المختلفة للعلاقات بين البدائل وأيضاً البدائل التـــي تنطوي على تكاليف فقط مقابل البدائل التـــي تنطوي على عائدات وتكاليف، وتناول أيضاً دراسة قيود التمويل وذلك في القرار الذي يؤدي إلى تحقيق أكبر إنتاجية لرأس المال المستثمر استناداً إلى MARR. وباختصار، تعلمنا أن اختيار البديل الذي يحقق القيمة المكافئة الكبرى (أو السالبة الأقل في حالة بدائل التكلفة) باستخدام MARR سيؤدي إلى النتيجة المرغوبة.

إذا استُخدمت طريقة معدل العائد لتحليل البدائل الاستبعادية، فإن كل تزايد يمكن تفاديه في رأس المال الإضافي يجب

أن يحقق على الأقل MARR لضمان اختيار البديل الأفضل. تُرتَّب البدائل بدءاً بالبديل ذي الاستثمار الرأسمالي الأدنـى وباتجاه البديل ذي الاستثمار الأعلى. وعُرِضتْ في هذا الفصل أمثلة لتوضيح الأساليب الحسابية الصحيحة لتجنب حالات عدم اتساق الترتيب التـي تحدث أحياناً عندما تُطبَّق طرائق القيمة المكافئة ومعدل العائد على نفس المجموعة من البدائل الاستبعادية. وتناول هذا الفصل أيضاً دراسة المشروعات ذات الأعمار الأبدية وتطبيق طريقة القيمة الرأسمالية للتقييم الاقتصادي. وخلص الفصل أخيراً إلى توضيح تقييم التركيبات للمشروعات الاستبعادية أو المستقلة أو المشروطة باستخدام هذه الطرائق نفسها.

10.5 المراجع

BUSSEY, L. E. and T. G. ESCHENBACH, *The Economic Analysis of Industrial Projects.* 2nd ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1992).

FLEISCHER, GERALD A. "Two Major Issues Associated with The Rate of Return Method for Capital Allocation: The 'Ranking Error' and 'Preliminary Selection.'" *The Journal of Industrial Engineering,* vol. 17, no. 4, April 1966, pp. 202–208.

GRANT, E. L., W. G. IRESON, and R. S. LEAVENWORTH. *Principles of Engineering Economy,* 8th ed. (New York: John Wiley & Sons, 1989).

PARK, C. S., and G. P. SHARP-BETTE. *Advanced Engineering Economics* (New York: John Wiley & Sons, 1990).

11.5 مسائل

الرقم بين القوسين ( ) الوارد في نهاية كل مسألة يشير إلى الفقرة التـي تعود لها المسألة.

1.5 تُقيَّم أربعة بدائل استبعادية، يبين (الجدول 1.5P) تكاليف وعائدات كل منها. (4.5)

آ. إذا كان MARR يساوي 15%، ومدة التحليل 10سنوات، استخدم طريقة PW لتحديد البدائل المقبولة اقتصادياً وما هو البديل التـي ينبغي اختياره؟

ب. إذا كانت موازنة الاستثمار الرأسمالية المتوفرة تساوي $200,000، ما هو البديل الذي يجب اختياره؟

ج. ما هي القاعدة المطبقة على هذه الحالة (فقرة 2.2.5)؟ ولماذا؟

الجدول **1.5P**: جدول المسألة **1.5P**.

	البديل الاستبعادي			
	I	II	III	IV
الاستثمار الرأسمالي	$100,000	$152,000	$184,000	$220,000
العائدات السنوية مطروحاً منها النفقات	15,200	31,900	35,900	41,500
القيمة السوقية (في نهاية العمر المجدي)	10,000	0	15,000	20,000
العمر المجدي (سنوات)	10	10	10	10

2.5 في تصميم منشأة جديدة تُدرَّس البدائل الاستبعادية الواردة في (الجدول 2.5P). بافتراض أن معدل الفائدة (MARR) يساوي 15% في السنة وأن مدة التحليل تبلغ 10 سنوات. استخدم الطرائق التالية لاختيار البديل الأفضل من بدائل التصميم الثلاثة: (4.5)

آ. طريقة القيمة السنوية AW.

ب. طريقة القيمة المستقبلية FW.

الجدول 2.5P: جدول المسألة 2.5P

	التصميم 1	**التصميم 2**	**التصميم 3**
الاستثمار الرأسمالي	$28,000	$16,000	$23,500
العائدات السنوية مطروحاً منها النفقات	5,500	3,300	4,800
القيمة السوقية (في نهاية العمر المجدي)	1,500	0	500
العمر المجدي (سنوات)	10	10	10

3.5 تحتاج شركة تعمل في مجال النفط إلى تجهيز معدات مانعة للتلوث في مصفاة جديدة وذلك لتحقيق المعايير الاتحادية للهواء النظيف. دُرستْ أربعة بدائل للتصميم، يبين (الجدول 3.5P) الاستثمار الرأسمالي ونفقات التشغيل السنوية لكل منها. بفرض أن العمر المجدي 10 سنوات لكل تصميم، وعدم وجود قيمة سوقية، وMARR المرغوبة تساوي 10% في السنة، ومدة التحليل تبلغ 10 سنوات، حدد التصميم الواجب اختياره استناداً إلى طريقة PW. أكد هذا الاختيار باستخدام طريقة IRR. ما هي القاعدة المطبقة في هذه الحالة (الفقرة 2.2.5)؟ لماذا؟ (4.5)

الجدول 3.5P: جدول المسألة 3.5P.

	التصميم البديل			
	D1	**D2**	**D3**	**D4**
الاستثمار الرأسمالي	$600,000	$760,000	$1,240,000	$1,600,000
النفقات السنوية:				
الطاقة	68,000	68,000	120,000	126,000
العمل	40,000	45,000	65,000	50,000
الصيانة	660,000	600,000	420,000	370,000
الضرائب والتأمين	12,000	15,000	25,000	28,000

4.5 استأجرت شركة تطوير القرن 21 The 21st-Century Development Corporation قطعة من الأرض لمدة 30 سنة. ويبين الجدول التالي تقديرات النفقات والعائدات للأنواع المختلفة من المنشآت التي يمكن إقامتها على هذه الأرض. ويتوقع أن تحقق كل منشأة قيمة سوقية تساوي 20% من الاستثمار الرأسمالي في نهاية مدة التحليل البالغة 30 سنة. إذا اشترط المستثمر MARR يساوي على الأقل 12% في السنة على جميع الاستثمارات، فما هي المنشأة التي يجب اختيارها إن وجدت؟ استخدم طريقة القيمة السنوية AW. (4.5)

	الاستثمار الرأسمالي	**العائدات السنوية ناقص النفقات**
منـزل شققي	$300,000	$69,000
مسرح	200,000	40,000
مخزن شققي	250,000	55,000
مبنـى مكاتب	400,000	76,000

5.5 طُوِّرت التقديرات التالية للتدفق النقدي لبديلين استثماريين استبعاديين صغيرين:

نهاية السنة	البديل 1	البديل 2
0	-$2,500	-$4,000
1	750	1,200
2	750	1,200
3	750	1,200
4	750	1,200
5	2,750	3,200

وحيث إن معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR = 12% في السنة، اختر الإجابة التـــي هي أقرب إلى الإجابة الصحيحة للأجزاء من (أ) حتـــى (د). (4.5)

آ. ما هي القيمة السنوية AW للبديل 1؟

1. $371 **2.** -$162 **3.** $135
4. $1,338 **5.** $1,590

ب. ما هو معدل العائد IRR للبديل 1؟

1. 12% **2.** 31% **3.** 16%
4. 28% **5.** 25%

ج. ما هو معدل العائد الداخلي للتزايد في التدفق النقدي الصافي؟

1. 18% **2.** 21% **3.** 12%
4. 24% **5.** 15%

د. بالاستناد إلى إجاباتك على الأجزاء من (أ) حتـــى (ج) السابقة، ما هو البديل الذي ينبغي اختياره؟

1. البديل 1
2. البديل 2
3. ولا أي بديل
4. كلا البديلين 1 و2.

6.5 تحاول شركة إلكترونيات تحديد المنتج الجديد الذي ستُخصَّص الموارد الرأسمالية المحدودة له. (ليس هناك رأس مال استثماري كافٍ للمنتجين معاً). ويبين الجدول التالي المعلومات الخاصة بالتدفق النقدي التقديري لكل من المنتجين المقترحين:

نهاية السنة	المنتج 1	المنتج 2
0	-$150,000	-$520,000
1	50,000	30,000
2	50,000	130,000
3	50,000	230,000
4	50,000	330,000
IRR	12.6%	11.0%

فإذا كانت MARR = 10% سنوياً، بيّن أن الاختيار نفسه للمشروع سيحصل نتيجة الاستخدام الملائم لكل من

(أ) طريقة PW، و(ب) طريقة IRR. (4.5)

7.5 تتخذ شركة روهايد Rawhide (المتخصصة بتصنيع المنتجات الجلدية) قرارالها المتعلقة بقبول الاقتراحات للاستثمارات الرأسمالية بالاستناد إلى تحقيق شرط معدل عائد أدنـــى مقبول MARR يساوي 18% في السنة. قورنت وسائل التعبئة (التغليف) الخمسة الواردة في (الجدول P5.7) بافتراض أن عمر كل منها يساوي 10 سنوات وأن القيمة السوقية لكل منها تساوي الصفر في ذلك الوقت. ما هو البديل الذي يجب اختياره (إن وجد)؟ أنجز أية حسابات إضافية ترى أنك تحتاجها لإجراء المقارنة باستخدام طريقة IRR. (4.5)

الجدول P5.7: جدول المسألة P5.7

	معدات التعبئة				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
الاستثمار الرأسمالي	$38,000	$50,000	$55,000	$60,000	$70,000
العائدات السنوية مطروحاً منها النفقات	11,000	14,100	16,300	16,800	19,200
معدل العائد الداخلي (IRR)	26.1%	25.2%	26.9%	25,0%	24.3%

8.5 لدينا بديلان استبعاديان. إذا كان MARR = 15%، اختر البديل الأفضل باستخدام طريقة IRR. في هذه المسألة يعد "بديل عدم القيام بشيء" خياراً. أما التدفقات النقدية للبديلين فهي كما يلي:

	A	**B**
الاستثمار الأولي	$9,000	$6,000
التدفق النقدي السنوي الصافي	$2,400	$1,600
القيمة المتبقية (الاسترداد)	$0	$300
العمر المجدي (سنوات)	6	6
IRR	15.3%	16.1%

9.5 أعد المسألة 2.5 باستخدام طريقة IRR. (4.5)

10.5 تُدرَس ثلاثة بدائل لتصميم مشروع تحسين يتعلق بعمل القسم الهندسي الخاص بك. ويبين الجدول التالي التدفقات النقدية الصافية المتوقعة لهذه البدائل، وقيمة MARR تساوي 15% في السنة:

	التدفقات النقدية الصافية للبديل		
نهاية السنة، k	**A**	**B**	**C**
0	**-$200,000**	**-$230,000**	**-$212,500**
1	90,000	108,000	-15,000
2	90,000	108,000	122,500
3	90,000	108,000	122,500
4	90,000	108,000	122,500
5	90,000	108,000	122,500
6	90,000	108,000	122,500

بيّن أنه سيتم الحصول على نفس نتائج قرار الاستثمار الرأسمالي عبر تطبيق طريقة IRR وطريقة PW باستخدام أسلوب

تحليل تزايد الاستثمار. (4.5)

11.5 عد إلى المثال 5-10. وافترض أن تقديرات قسم التسويق في الشركة تشير إلى أن أكبر كمية يمكن بيعها من وحدات التحكم الإلكترونية في أي سنة هي 91,000 وحدة. استناداً إلى هذا الفرض، هل ينبغي تنفيذ المشروع؟ إذا كانت الإجابة بنعم، فأي البديلين (A1, A2) ينبغي اختياره؟ ولماذا؟ (ملاحظة: استخدم طريقة AW في حلك). (4.5)

12.5 يبين الجدول التالي التدفق النقدي الصافي لثلاثة بدائل للتصميم الأولي لضاغط صناعي ثقيل:

نهاية السنة، k	التدفقات النقدية الصافية للبديل A	B	C
	A	B	C
0	-$85,600	-$63,200	-$71,800
1	-7,400	-12,100	-10,050
2	-7,400	-12,100	-10,050
3	-7,400	-12,100	-10,050
4	-7,400	-12,100	-10,050
5	-7,400	-12,100	-10,050
6	-7,400	-12,100	-10,050
7	-7,400	-12,100	-10,050

وهذه التدفقات النقدية هي من وجهة نظر المستخدم النموذجي. فإذا كان MARR = 12% في السنة، ومدة الدراسة تبلغ سبع سنوات. ما هو التصميم الأولي الأفضل اقتصادياً استناداً إلى (أ) طريقة AW، و(ب) طريقة ERR (وحيث ε = MARR = 12% في السنة)؟ (4.5)

13.5 يراد إنشاء طريق جديد. يعتمد التصميم *A* على غطاء خرسانـي يكلف $90 للقدم بعمر يبلغ 20 سنة؛ وخندقين مرصوفين للتصريف يكلف كل منهما $3 للقدم الواحد، وثلاث عبارات صندوقية في كل ميل يكلف كل منها $9,000 ولها عمر يبلغ 20 سنة. وتكلف الصيانة السنوية $1,800 للميل الواحد، كما ينبغي تنظيف العبارات كل خمس سنوات بتكلفة $450 في كل مرة للميل الواحد.

يعتمد التصميم *B* على غطاء بيتومينسي يكلف $45 للقدم بعمر يبلغ 10 سنوات؛ وعلى خندقين ترابيين للتصريف يكلف كل منهما $1.50 للقدم، وثلاث عبارات قسطلية (أنبوبية) في كل ميل يكلف كل منها $2,250 ولها عمر يبلغ 10 سنوات. أما الصيانة السنوية فتكلف $2,700 للميل الواحد، وينبغي تنظيف العبارات سنوياً بتكلفة $225 كل مرة للميل الواحد، وستكلف الصيانة السنوية للخندق $1.5 بالقدم لكل خندق.

قارن بين هذين التصميمين على أساس القيمة المكافئة في الميل لمدة 20 سنة. وما هو التصميم الأكثر اقتصادية على أساس القيمة السنوية المكافئة والقيمة الحالية إذا كانت قيمة MARR تساوي 6% في السنة؟ (3.5)

14.5 يقيّم مصممٌ محركين كهربائيين لاستخدامهما في حجرة مؤتمتة للدهان (الطلاء). يجب أن تبلغ استطاعة كل محرك 10 أحصنة بخارية (hp). قدّر المصممُ أن المستخدم النموذجي سيشغل الحجرة وسطياً ست ساعات في اليوم و250 يوم في السنة. وتدل الخبرة السابقة على أن (أ) النفقات السنوية للضرائب والتأمين تبلغ وسطياً 2.5% من الاستثمار الرأسمالي، و(ب) MARR = 10% سنوياً، و(ج) ينبغي تغطية الاستثمار الرأسمالي في الآلات خلال خمس سنوات.

يكلف المحرك *A* مبلغ $850 وله كفاءة مضمونة 85% ضمن ظروف العمل المحددة. أما المحرك *B* فيكلف $700 وله كفاءة مضمونة 80% ضمن نفس ظروف العمل. تكلفة الطاقة الكهربائية للمستخدم النموذجي 5.1 سنت للكيلو واط ساعة (kWh)، وكل 1 hp = 0.746 kW. تذكر أن الدخل الكهربائي للمحرك يساوي الاستطاعة ÷ الكفاءة.

استخدم طريقة IRR لاختيار المحرك الإلكترونـــي الأفضل لتطبيق التصميم. أكّد اختيارك باستخدام طريقة PW. (4.5)

15.5 يُدرَس محركان كهربائيان (*A* و*B*) لتحريك مضخة تعمل بالطرد المركزي. لكل محرك منهما القدرة على توليد 50 حصان بخاري (hp) (استطاعة) لعملية الضخ. يتوقع استخدام هذين المحركين 1,000 ساعة في السنة. إذا كانت الكهرباء تكلف $0.07 للكيلو واط ساعة، *فما هو المحرك الذي يجب اختياره إذا كان* MARR = 8% *في السنة*؟ وذلك باستخدام البيانات التالية، وتذكر أن 1 hp = 0.76 KW. (5.5)

	المحرك A	المحرك B
التكلفة الأولية	$1,200	$1,000
الكفاءة الكهربائية	0.82	0.77
الصيانة السنوية	$60	$100
العمر (سنوات)	4	5

16.5 يبين الجدول التالي ثلاثة بدائل استثمار استبعادية صغيرة. ويجب أن يوفر البديل المحدي المطلوب اختياره الخدمة لمدة 10 سنوات. إذا كانت MARR = 12% في السنة، والقيمة السوقية لكل بديل منها تساوي 0 في نهاية العمر المجدي. أجرِ جميع الفرضيات التـــي تحتاجها في تحليلك. ما هو البديل الذي ينبغي اختياره؟ (5.5, 4.5)

	A	B	C
الاستثمار الرأسمالي	$2,000	$8,000	$20,000
الفرق السنوي بين العائدات والنفقات	600	2,200	3,600
العمر المجدي (سنوات)	5	5	10

17.5 يمكن إنجاز خدمة معينة بوجه مقبول بواسطة العملية *R* أو *S*. التكلفة الأولية للعملية *R* تساوي $8,000، ويقدر عمر الخدمة لها بـ 10 سنوات، وليس لها قيمة سوقية، ويبلغ الفرق بين العائدات والنفقات السنوية لها $2,400. الأرقام المناظرة للعملية S هي $18,000، و20 سنة، والقيمة السوقية تساوي 20% من التكلفة الأولية، و$4,000. بافتراض MARR يساوي 12% سنوياً، أوجد AW لكل عملية وحدد العملية التـــي ستوصي باعتمادها. استخدم فرضية التكرار. (4.5)

18.5 ستنتج منشأة صناعية جديدة منتجين، يحتاج كل منهما إلى عملية ثقب خلال عملية إنتاجه. يدرس نوعان بديلان من آلات الثقب (D1 وD2) بهدف الشراء. ويجب اختيار أحد هذين النوعين. لتحقيق الطلب السنوي نفسه، يبين (الجدول 18.5P) متطلبات الإنتاج *السنوية* (ساعات الآلة) ونفقات التشغيل السنوية (بالآلة). *أيّ آلة يجب اختيارها إذا كان MARR يساوي 15% في السنة*؟ بيّن العمل الذي يدعم اختيارك. (5.5)

الجدول P5.18: جدول المسألة P5.18

المنتج	الآلة D1	الآلة D2
R-43	1,200 ساعة	800 ساعة
T-22	2,250 ساعة	1,550 ساعة
	3,450 ساعة	2,350 ساعة
الاستثمار الرأسمالي	$16,000 بالآلة	$24,000 بالآلة
العمر المجدي	6 سنوات	8 سنوات
النفقات السنوية	$5,000 بالآلة	$7,500 بالآلة
القيمة المتبقية (الاسترداد)	$3,000 بالآلة	$4,000 بالآلة

الفرضيات: ستعمل المنشأة 2,000 ساعة في السنة. وتتوفر الآلة بمعدل 80% للآلة D1 و75% للآلة D2. ناتج الآلة D1 هو 90% وناتج الآلة D2 هو 8%. تستند نفقات التشغيل السنوية إلى تشغيل مفترض 2,000 ساعة في السنة، ويجري الدفع للعمل خلال وقت التعطل للآلة D1 أو الآلة D2. ضع أية افتراضات أخرى تحتاجها لحل المسألة.

19.5 تقوم حالياً بدراسة روافع متحركة كمعدات ضرورية للعمل وذلك بصفتك مشرفاً على قسم هندسة المنشآت. ويجري حالياً تقييم شراء رافعة محمولة على شاحنة متوسطة الحجم. يبين الجدول المرافق التقديرات الاقتصادية لأفضل بديلين. وقد قمت باختيار العمر المجدي الأطول (9 سنوات) لمدة الدراسة حيث ستُستأجر رافعة للسنوات الثلاث الأخيرة في حالة البديل *A*. استناداً إلى الخبرة السابقة، قُدِّرت تكلفة الاستئجار السنوية في ذلك الوقت بمبلغ $66,000 بالسنة (إضافة إلى نفقات سنوية $28,800). فإذا كان MARR يساوي 15% في السنة. بيّن أن نفس الاختيار سيحصل استناداً إلى (أ) طريقة PW، (ب) طريقة IRR، و(ج) طريقة ERR. وأيضاً (د) هل أن استئجار الرافعة *A* لمدة تسع سنوات، بافتراض بقاء التكاليف السنوية للسنوات التسع كما هي للسنوات الثلاث، أفضل من اختيارك الحالي؟ (ϵ = MARR = 15%). (5.5, 4.5)

	البدائل	
	A	B
الاستثمار الرأسمالي	$272,000	$346,000
النفقات السنوية[a]	28,800	19,300
العمر المجدي (سنوات)	6	9
القيمة السوقية (في نهاية العمر)	$25,000	$40,000

a باستثناء تكلفة العامل، التـي هي نفسها لكلا البديلين.

20.5 تكلف مجموعة من ستة مصابيح للإضاءة طويلة العمر $15.95. يمكن لكل مصباح أن يحقق 20,000 ساعة خدمة و 60 واط من الاستطاعة. وتبلغ الكفاءة الكهربائية لكل مصباح 85%. البديل لهذه المصابيح الطويلة العمر هو مصباح معياري 60 واط يكلف 60 سنت ($0.60) ويحقق 1,000 ساعة خدمة بكفاءة 95%. (4.5)

آ. إذا كانت تكلفة الكهرباء 10 سنت ($0.10) للكيلو واط ساعة، فأي نوع من المصابيح أفضل عند الحاجة للإضاءة لمدة 5,000 ساعة في السنة؟ وذلك إذا كانت قيمة MARR تساوي 12% في السنة. وبافتراض مصطلح التدفق

النقدي لنهاية السنة.

ب. ما هي العوامل التـــي قد تؤثر في القرار المتعلق بمصباح الإضاءة الأفضل إلى جانب التكلفة؟

21.5 ادرس البديلين الاستبعاديين التاليين المتعلقين بمشروع تحسين، وأوصِ أيّ البديلين (إن وجد) ينبغي تنفيذه باستخدام (أ) طريقة AW و(ب) طريقة PW. وأيضاً، (ج) أكد اختيارك في الجزأين (أ) و(ب) باستخدام طريقة IRR. وذلك إذا كان MARR = 15% في السنة، ومدة الدراسة تساوي 10 سنوات. وذلك بافتراض تطبيق التكرار. (5.5)

	الآلة	
	A	B
الاستثمار الرأسمالي	$20,000	$30,000
التدفق النقدي السنوي	5,600	5,400
القيمة السوقية	$4,000	$0
العمر المجدي (سنوات)	5	10

22.5 اختر البديل الاستثماري الأفضل من البديلين الاستبعاديين في الجدول التالي استناداً إلى (أ) فرضية التكرار، (ب) فرضية الحدود المشتركة بمدة دراسة تساوي 4 سنوات وقيمة سوقية للبديل 2 (في نهاية السنة الرابعة) تحدد باستخدام تقنية القيمة السوقية الممكنة، و(ج) فرضية الحدود المشتركة بمدة دراسة تساوي ثمانـــي سنوات (البديل 1 لن يتكرر). MARR يساوي 10% في السنة. (5.5)

نهاية السنة	البديل 1	البديل 2
0	-$40,000	-$50,000
1	12,000	10,000
2	12,000	10,000
3	12,000	10,000
4	36,000	10,000
5		10,000
6		10,000
7		10,000
8		10,000
8 (القيمة السوقية)		40,000

23.5 تُصنع ثلاثة نماذج من مضارب البيسبول في مصنع جديد في بولاسكي Pulaski. يحتاج كل مضرب إلى بعض الوقت للتصنيع من كل من المخرط 1 أو المخرط 2 وفق الجدول التالي. وتتمثل مهمتك في المساعدة على تعيين المخرط الذي سيتم تجهيزه. بيّن واشرح عملك كله لدعم اختيارك. (5.5)

المنتج	المخرط 1 (L1)	المخرط 2 (L2)
ساعات الآلة لإنتاج مضارب البيسبول		
مضرب خشبـــي	1,600 ساعة	950 ساعة
مضرب ألمنيوم	1,800 ساعة	1,100 ساعة
مضرب كفلار Kevlar	2,750 ساعة	2,350 ساعة
مجموع ساعات الآلة	6,150 ساعة	4,400 ساعة

سيعمل المصنع 3,000 ساعة في السنة. وتتوفر الآلة بمعدل 85% للمخرط 1 و90% للمخرط 2. أما معدلات التلف (الرفض) للمخرطين فهي 5% للمخرط L1 مقابل 10% للمخرط L2. وأما التدفقات النقدية والأعمار المتوقعة لكل من المخرطين فهي كما يلي:

التدفقات النقدية والأعمار المتوقعة لكل من المخرطين L1 وL2	المخرط 1 (L1)	المخرط 2 (L2)
الاستثمار الرأسمالي	$18,000 لكل مخرط	$25,000 لكل مخرط
العمر المتوقع	7 سنوات	11 سنة
النفقات السنوية	$5,000 لكل مخرط	$9,500 لكل مخرط

تستند نفقات التشغيل السنوية إلى تشغيل افتراضي 3,000 ساعة في السنة، ويُدفَع للعمال خلال أوقات تعطل (توقف) المخرطين L1 وL2. وقد قررت الإدارة العليا أن MARR = 18% في السنة.

آ. كم مخرطاً من النوع L1 يلزم لتحقيق متطلبات ساعات الآلة؟

1. مخرطين **2.** ثلاثة مخارط

3. أربع مخارط **4.** مخرط واحد

ب. ما هي تكلفة تغطية رأس المال للمخارط المطلوبة من النوع L2 (اختر الإجابة التـــي هي أقرب)؟

1. $9,555 **2.** $14,168

3. $10,740 **4.** $5,370

ج. ما هي نفقات التشغيل السنوية للمخرط من النوع L2؟

1. $5,375 **2.** $9,500

3. $21,000 **4.** $19,000

د. أي نوعي المخارط يحقق التكلفة السنوية المكافئة الدنيا؟

1. المخرط L1 **2.** المخرط L2

24.5 هناك حاجة فورية لاستبدال معدات إنتاج لأنها لم تعد تحقق متطلبات الجودة للمنتج النهائي. والبديلان الأفضلان هما معدات مستعملة (E1) ونوع جديد مؤتمت (E2). ويبين الجدول التالي التقديرات الاقتصادية لكل منهما.

	البديل	
	E1	E2
الاستثمار الرأسمالي	$14,000	$65,000
النفقات السنوية	$14,000	$9,000
العمر المجدي (سنوات)	5	20
القيمة السوقية (في نهاية العمر المجدي)	$8,000	$13,000

أما معدل العائد المقبول الأدنى MARR فيساوي 15% في السنة.

آ. ما هو البديل الأفضل استناداً إلى فرضية التكرار؟ (5.5)

ب. بيّن أنه في حالة فرضية الحدود المشتركة وباستخدام مدة دراسة تساوي خمس سنوات وقيمة سوقية ممكنة للبديل B، تبقى القيمة AW للبديل B كما هي للجزء (أ) [وواضحٌ أن الاختيار هو نفسه كما في الجزء (أ)]. اشرح سبب حدوث ذلك في هذه المسألة. (5.5)

25.5 فيما يلي التقديرات الخاصة بمنشأة عامة صغيرة مقترحة. الخطة A لها تكلفة أولية $50,000، وعمر 25 سنة، وقيمة سوقية $5,000، ونفقات صيانة سنوية $1,200. أما الخطة B فلها تكلفة أولية $90,000، وعمر 50 سنة، وليس لها قيمة سوقية، ونفقات الصيانة السنوية $6,000 للسنوات الـ 15 الأولى و$1,000 في السنة للسنوات من 16 وحتى 50. بافتراض أن معدل للفائدة 10% في السنة، قارن بين الخطتين باستخدام طريقة CW. (6.5)

26.5 في تصميم منشأة ذات استخدام خاص، تجري دراسة بديلين استبعاديين. هذان البديلان هما كما يلي:

	D1	D2
الاستثمار الرأسمالي	$50,000	$120,000
النفقات السنوية	$9,000	$5,000
العمر المجدي (سنوات)	20	50
القيمة السوقية (في نهاية العمر المجدي)	$10,000	$20,000

بافتراض الحاجة إلى تحقيق خدمة أبدية من المنشأة، ما هو بديل التصميم الأفضل؟ حيث MARR تساوي 10% في السنة. (6.5)

27.5 استخدم طريقة CW لتحديد أي تصميم استبعادي للجسر (L أم H) توصي به استناداً إلى البيانات الواردة في الجدول التالي. قيمة MARR تساوي 15% في السنة. (6.5)

	تصميم الجسر L	تصميم الجسر H
الاستثمار الرأسمالي	$274,000	$326,000
النفقات السنوية	$10,000	$8,000
تكلفة التحديث الدورية	$50,000 كل سنة سادسة	$42,000 كل سنة سابعة
القيمة السوقية	0	0
العمر المجدي (سنوات)	83	92

28.5

آ. ما هي القيمة الرأسمالية، عندما يكون $i = 10\%$ في السنة، لمبلغ $1,500 في السنة، يبدأ في السنة واحد ويستمر إلى الأبد و$10,000 في السنة خمسة، ويتكرر كل أربع سنوات بعد ذلك، ويستمر إلى الأبد؟ (6.5)

ب. عندما يكون $i = 10\%$ في السنة في هذا النوع من المسائل، ما هي قيمة N، التـــي يمكن القول عملياً إنها تمثل "إلى الأبد"؟ (6.5)

29.5 طلب منك العمل في مهمة اختيار معدات. يجب أن تحقق المعدات المختارة متطلبات التشغيل للسنوات الست القادمة *فقط*. وتستخدم شركتك حالياً معيار القرار الاقتصادي 15% سنوياً. اختُصرت مهمتك إلى بديلين (E1 وE2؛ انظر الجدول P5.29).

الجدول P5.29: جدول المسألة P5.29

العامل	E1	E2
الاستثمار الرأسمالي	$210,000	$264,000
العمر المجدي (سنوات)	6	10
النفقات السنوية	$31,000 في السنة الأولى وتتزايد بقيمة $2,000 في السنة بعد ذلك.	$19,000 في السنة الأولى وتتزايد بنسبة 5.7% في السنة بعد ذلك.
القيمة السوقية (في نهاية العمر المجدي)	$21,000	$38,000

ما هو البديل الذي يجب اختياره؟ وذلك باستخدام طريقة PW في التحليل. وما هي القاعدة المستخدمة، فقرة 2.2.5؟ (5.5, 2.5)

30.5 يبين الجدول التالي المعلومات التقديرية لبديلي تصميم لمشروع هندسي. بافتراض MARR = 12% في السنة، وباستخدام مدة تحليل تساوي عشر سنوات. وكذلك العمر المجدي لكل تصميم يساوي عشر سنوات. (4.5)

آ. اختر البديل الأفضل باستخدام طريقة FW.

ب. ما هي قيمة IRR لتزايد التدفق النقدي؟ وهل تؤكد جوابك على الجزء (أ)؟ لماذا؟

ج. بإعطاء: $IRR_{D1} = 16.43\%$ و$IRR_{D2} = 15.27\%$. ما هو سبب عدم حدوث حالة عدم الاتساق في الترتيب بين هذين البديلين في هذه المسألة؟

العامل	D1	D2
الاستثمار الرأسمالي	$152,000	$184,000
التدفق النقدي السنوي الصافي	$31,900	$35,900
القيمة السوقية (في نهاية لعمر المجدي)	0	$15,000

31.5 جرى اختصار البدائل لمشروع هندسي لتغطية معظم الطاقة التـــي تضيع حالياً في مرحلة التبريد الأولى في نظام معالجة كيميائية إلى ثلاثة تصاميم. وفيما يلي مبالغ الاستثمار الرأسمالي التقديرية والتوفير السنوي في النفقات:

	التصميم		
نهاية السنة	ER1	ER2	ER3
0	-$98,600	$-115,000	-$81,200
1	25,800	29,000	19,750
2	[a]27,348	29,150	19,750
3	28,989	29,300	19,750
4	30,728	29,450	19,750
5	32,572	29,600	19,750
6	34,526	29,750	19,750

[a] يقدر تزايد الاقتصاد السنوي بعد السنة الأولى بمعدل 6% سنوياً.

بافتراض أن MARR يساوي 12% في السنة، ومدة الدراسة تبلغ ست سنوات، والقيمة السوقية تساوي الصفر للتصميمات الثلاثة. طبق طريقة التحليل بأسلوب تحليل التزايد لتحديد البديل الأفضل. (4.5)

32.5 لدى شركة صغيرة رأس مال فائض $20,000 وترغب في استثمارها في مشاريع جديدة تحقق دخلاً. وقد جرى تطوير ثلاثة مجموعات مستقلة من المشروعات الاستبعادية. العمر المجدي لكل منها هو خمس سنوات، والقيم السوقية لها جميعاً تساوي الصفر. طلب إليك إنجاز تحليل IRR لاختيار التركيب الأفضل من المشروعات. فإذا كانت MARR تساوي 12% في السنة، فأي تركيب من المشروعات ستوصي به؟ (انظر الجدول التالي). (7.5)

	المشروع	الاستثمار الرأسمالي	المنافع السنوية الصافية
استبعادي	A1	$5,000	$1,500
	A2	7,000	1,800
استبعادي	B1	12,000	2,000
	B2	18,000	4,000
استبعادي	C1	14,000	4,000
	C2	18,000	4,500

33.5 تدرس إحدى الشركات تطوير عدة منتجات جديدة. ويبين الجدول التالي المنتجات المدروسة وجميع المنتجات في كل مجموعة مشروعات هي استبعادية.

مجموعة المشروع	المنتجات	تكلفة التطوير	التدفق النقدي السنوي الصافي
A	A1	$500,000	$90,000
	A2	650,000	110,000
	A3	700,000	115,000
B	B1	600,000	105,000
	B2	675,000	112,000
C	C1	800,000	150,000
	C2	1,000,000	175,000

ينبغي اختيار منتج واحد من كل مجموعة على الأكثر. إذا كان MARR للشركة يساوي 10% في السنة وموازنة الاستثمار الرأسمالي محدودة لتكاليف التطوير بمبلغ $2,100,000. وبافتراض أن عمر جميع المنتجات يساوي عشر سنوات، وعدم وجود قيمة سوقية في نهاية السنوات العشرة. (7.5)

آ. حدد جميع التركيبات الاستبعادية (بدائل الاستثمار).

ب. استخدم طريقة PW لتحديد أي تركيب للمنتجات يجب اختياره.

34.5 يتم تُدرّس ثلاثة مشروعات استثمارية مستقلة:

	المشروع		
	X	Y	Z
الاستثمار الرأسمالي[a]	$100	$150	$200
الاقتصاد السنوي[a]	16.28	22.02	40.26
العمر المجدي (سنوات)	10	15	8
IRR خلال العمر المجدي	10%	12%	12%

[a] بآلاف الدولارات

وقيمة MARR تبلغ 10% في السنة، أي إن جميع المشروعات تبدو مقبولة. بافتراض أن مدة الدراسة تساوي 15 سنة. ما هو المشروع أو المشروعات التـي ينبغي اختيارها إذا كانت الاستثمارات محدودة بمبلغ $250,000؟ ضع أية فرضيات تحتاج إليها. (7.5)

35.5 تُدرس المشروعات الهندسية A وB_1 وB_2 وC بتقديرات للتدفق النقدي خلال 10 سنوات وفق ما هو وارد في الجدول المرافق. المشروعان B_1 وB_2 استبعاديان، والمشروع C يعتمد على B_2، أما المشروع A فيعتمد على B_1. موازنة الاستثمار الرأسمالي محدودة بمبلغ $100,000، وMARR يساوي 12% في السنة. (7.5)

آ. عدد جميع البدائل الممكنة.

ب. طور التدفقات النقدية الصافية لجميع البدائل المجدية.

ج. أي البدائل الاستثمارية (تركيب المشروعات) ينبغي اختياره؟ استخدم طريقة PW.

	A	B_1	B_2	C
الاستثمار الرأسمالي	$30,000	$22,000	$70,000	$82,000
الفرق السنوي بين العائدات والنفقات	8,000	6,000	14,000	18,000
القيمة السوقية	3,000	2,000	5,000	7,000

36.5 هناك حاجة مستمرة لطاقة كهربائية احتياطية في منشأة مرفق خدمة عامة. تنطوي معدات البديل S1 على تكلفة أولية $72,000، وعمر مجدٍ 9 سنوات، ونفقات سنوية $2,200 في السنة الأولى وتتزايد بمعدل $300 في السنة بعد ذلك، والقيمة السوقية الصافية $8,400 في نهاية العمر المجدي. أما البديل S2 فله تكلفة أولية $90,000، وعمر مجدٍ يساوي 12 سنة، ونفقات سنوية تساوي $2,100 في السنة الأولى وتتزايد بمعدل 5% في السنة بعد ذلك، وقيمة سوقية صافية $13,000 في نهاية العمر المجدي. معدل الفائدة الحالي يساوي 10% في السنة. أي البديلين أفضل باستخدام طريقة القيمة الرأسمالية في التحليل؟ (6.5)

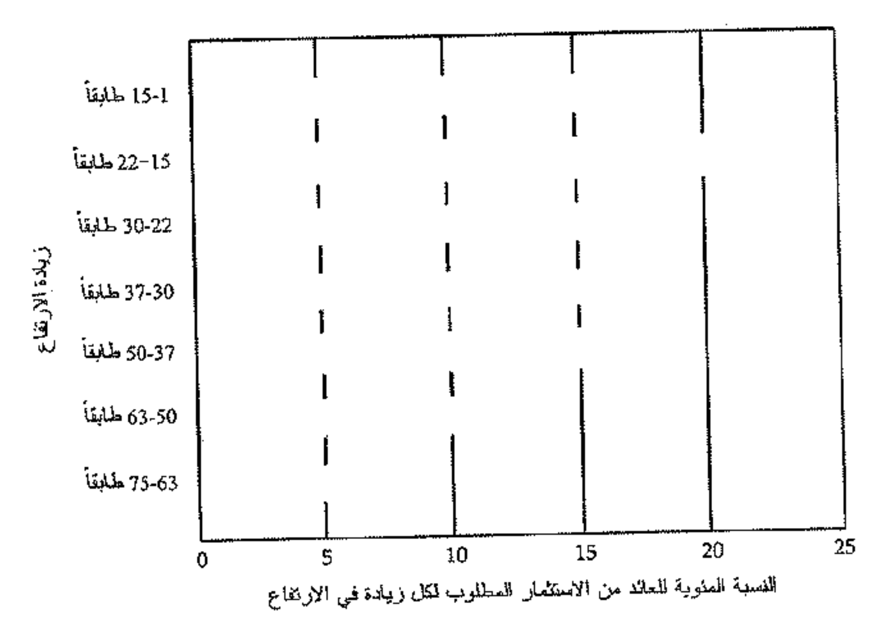
37.5 يراد اختيار مروحة نابذة (طاردة مركزية) من مرحلة واحدة لتطبيق تصميم هندسي. استُشير المورّدون، وحُصِر الاختيار في نموذجين جديدين، يُصنع هذان النموذجان من قبل نفس الشركة ولكل منهما نفس الطاقة (السعة) والضغط. ويتحرك كل منهما بسرعة 3,600 دورة في الدقيقة بمحرك استطاعته 90 hp لكل منهما.

تحقق المروحة الأولى كفاءة مضمونة 72% عند التحميل الكامل ويكلف تجهيزها $42,000. أما المروحة الأخرى فهي أغلى بسبب التحسين الأيروديناميكي aerodynamic، والذي يوفر كفاءة مضمونة 81% عند التحميل الكامل.

وباستثناء هذه الفروق في الكفاءة وسعر التجهيز، يتساوى النموذجان في خصائص التشغيل الأخرى المرغوب بتحقيقها كالديمومة، والصيانة، وسهولة التشغيل، والهدوء. كما أن المخططات البيانية للكفاءة مقابل كمية الهواء

المعالجة في كلتا الحالتين مستوية (مستقيم أفقي) في جوار الحمل الأقصى المسجل. التطبيق يتم بحيث أن المروحة عندما تدور فإنها تعمل بالحمل الكامل.

بافتراض أن كلا المروحتين لها قيمة سوقية مهملة في نهاية العمر المجدي، وMARR للشركة يساوي 20% في السنة. طور صيغة لحساب كم يمكن للمستخدم أن يدفع للوحدة الأكثر كفاءة. (تلميح: تحتاج إلى تحديد المتحولات الهامة واستخدامها في صيغتك، وتذكر أن 1 hp = 0.746 kW). (4.5)



الشكل P5.38: مخطط قضبان للمسألة P5.38

38.5 أجريت دراسة لتحديد الارتفاع الأكثر اقتصادية لناطحات السحاب. وقد انطلقت هذه الدراسة من الخبرة المتعلقة ببناء الإمبير ستيت Empire State Building، والذي كان ارتفاعه غير اقتصادي في تاريخ إنشائه. وقد جرى في (الشكل P5.38) اختصار البيانات في المخطط البيانـــي لمبنـــى مكاتب نظري بارتفاعات مختلفة واستثمارات مختلفة مرتبطة بها. وقد أخذت ارتفاعات للمبنـــى تساوي 8 و15 و22 و30 و37 و50 و63 و75 طابقاً. إذا توقع مالكو المبنـــى عائداً 15% في السنة على الأقل على استثمارهم الرأسمالي، فما هو عدد الطوابق الذي يجب إنشاؤه؟

39.5 أثنـــى تقرير الأداء السنوي لشركة ند ولاري Ned and Larry للمثلجات على الشركة لسياساتها المتقدمة، ولكنه لاحظ أن المواضيع البيئية كالتخلص من المغلفات كان أمراً يستحق الاهتمام. ولتقليل الآثار الناجمة عن تخلص الزبائن من مغلفات المنتج، أورد التقرير أنه على ند ولاري أن تدرس الاقتراحات التالية:

آ. تغليف كل المثلجات واللبن المجمد في أرباع غالون؛

ب. تغليف جميع المثلجات واللبن المجمد في أنصاف غالونات.

وبتغليف المنتج في مغلفات أكبر من المغلفات الحالية التـــي تبلغ ثُمن غالون، فإن ألواح السلفات المبيّضة المطلية بالبلاستيك يمكن أن تغلف عدداً أكبر من الأونسات من المنتج لكل إنش مربع من المساحة. ويؤدي ذلك إلى نتيجة صافية وهي تقليل المغلفات المرمية لكل أونسة من المنتج المستهلَك. يتطلب التحول نحو مغلفات أكبر إعادة تصميم التغليف وتعديل خط الإنتاج للتعبئة. ويمكن لتجهيزات معالجة المواد الحالية معالجة الأثمان والأرباع، ولكن هناك

حاجة لتجهيزات إضافية لمعالجة أنصاف الغالون. وأن أي تجهيزات جديدة تُشترى للمقترحات (أ) و(ب) لها عمر مجدٍ متوقع ست سنوات. الاستثمار الرأسمالي الكلي لكل مقترح يظهر في (الجدول 39.5P). وتتضمن الفوائد الأخرى لاستخدام المغلفات الأكبر تقليل تكاليف التغليف لكل أونسة وتخفيف العمل اللازم لكل أونسة. هذا ويلخص الجدول تفاصيل هذه المقترحات إضافة إلى الإنتاج الحالي للأثمان.

الجدول P5.38: جدول المسألة P5.38

	أثمان الغالون (الحالية)	أرباع الغالون (A)	أنصاف الغالون (B)
الاستثمار الرأسمالي	$0	$1,200,000	$1,900,000
تكلفة التغليف بالغالون	$0.256	$0.225	$0.210
تكلفة العمال بالغالون	$0.128	$0.120	$0.119
الطمر اللاحق للاستهلاك الإسهام الناتج من التغليف المتخلص منه (يارد مكعب في السنة)	6,500	5,200	4,050

ولما كانت شركة ند ولاري تشجع المشاركة Partnering مع الموردين، والزبائن، والمجتمع، فإنها ترغب بالأخذ في الحسبان قسماً من التكلفة للمجتمع عند تقييم هذه البدائل. وستعتبر 50% من تكلفة الطمر بعد الاستهلاك جزءاً من تكاليف كل بديل. وقد قُدِّرتْ تكاليف الطمر وسطياً بـ $20 لكل يارد مكعب على كامل الدولة.

بافتراض أن MARR يساوي 15% في السنة، وأن مدة الدراسة تساوي ست سنوات، وأن الإنتاج سيبقى ثابتاً عند 10,625,000 غالون في السنة. استخدم طريقة IRR لتحديد: هل على ند ولاري أن تغلف منتجاتها بأثمان أم بأرباع أم بأنصاف الغالون؟

40.5 عد إلى العمود 3 في (الجدول 8.5). بيّن أنه ليس هناك تعدد لمعدل العائد الداخلي IRR لهذا التدفق النقدي المتزايد.

41.5 مُنحتْ مؤسسة مبلغ $10,000,000 في تموز 2000. وفي تموز 2004 أُنفق مبلغ $3,000,000 للمنشآت، واتخذ القرار بتوفير مبلغ $250,000 في نهاية كل سنة إلى الأبد لتغطية نفقات التشغيل. وتحدث أول نفقة تشغيل في تموز 2005، وأول نفقة استبدال في تموز 2009. إذا كانت كل الأموال تحقق 5% بعد المنحة، ما هو المبلغ الذي سيتوفر للاستبدالات الرأسمالية في نهاية كل سنة خامسة وإلى الأبد؟ (*تلميح*: ارسم مخطط التدفق النقدي أولاً).

42.5 اكتب برنامجاً على الكمبيوتر يقوم بحساب القيم السنوية المكافئة AW لثلاثة بدائل استبعادية لمحركات إلكترونية واختيار البديل الأفضل استناداً إلى فرضيات *التكرار والحدود المشتركة*. وفي حالة فرضية الحدود المشتركة، على المستخدم إدخال القيم السوقية التقديرية للسنة العائدة *للعمر الأقصر* للبدائل الثلاثة. ويجب أن يقوم البرنامج أيضاً بحساب معدل العائد المتزايد لأقرب 0.1% بين أي بديلين ضمن فرضية *الحدود المشتركة*. حيث يجب على المستخدم اختيار البديلين الأوليين لحساب IRR لتزايد التدفق النقدي.

تفاصيل المسألة:

آ. سمِّ البرنامج MOTORS واكتبه بلغة الفورتران FORTRAN أو الباسكال PASCAL أو السي C. واعمل برنامجاً تنفيذياً MOTORS.EXE على دسك عالي الكثافة 3.5 إنش.

ب. البرنامج سيطلب من المستخدم أولاً المعلومات التالية:

- قيمة MARR (10% في السنة، وستُدخل: 10)

• الاستطاعة بالحصان البخاري للمحركات (نفسها للمحركات الثلاثة)
• عدد الساعات في اليوم التـــي سيُستخدم فيها المحرك (لا يتجاوز 24)
• عدد الأيام في السنة التـــي سيُستخدم فيها المحرك (لا يتجاوز 365)
• التكلفة بالكيلو واط ساعة بالدولارات (تذكّر أن 1 hp = 0.746 kW)

ج. عند كل بديل (ولتكن 1 و2 و3) سيُدخل المستخدم ما يلي:
• العمر المجدي للمحرك
• الاستثمار الرأسمالي
• القيمة السوقية (إن وجدت)
• الكفاءة

د. بعد إدخال المستخدم للمعلومات، سيعرض الكمبيوتر جدولاً للبيانات الاقتصادية بأسلوب مشابه لما هو مبيَّن في المسألة 16.5. كما يجب أن يعرض الكمبيوتر التكاليف السنوية المنتظمة المكافئة الناتجة لكل بديل، مع عبارة مختصرة تدل على الخيار الأفضل. استخدم فرضية التكرار في هذا الجزء.

هـ. بعد ذلك، سيقوم الكمبيوتر بتحديد العمر الأقصر بين الأعمار الثلاثة، ويحث المستخدم على إدخال القيم السوقية التقديرية في تلك السنة لجميع البدائل باستثناء البديل ذي العمر الأقصر. ومرة أخرى، سيعرض الكمبيوتر جدولاً بالبيانات الاقتصادية وقيم AW وعبارة تدل على الخيار الأفضل. هذا الجزء يستخدم فرضية الحدود المشتركة.

و. إضافة إلى الأجزاء (أ) – (هـ)، اطلب من المستخدم اختيار بديلين لحساب معدل العائد للتزايد. أظهر معدل العائد الداخلي للتزايد واسمح للمستخدم بحساب معدل عائد داخلي لتزايد آخر إذا رغب بذلك.

43.5 تسعى مقاطعة وينفيلد Winfield لتطوير موقع لمركز اجتماعات. قامت الحكومة السابقة للمقاطعة باستلام الموقع وتمت التسوية التحضيرية له وكذلك الأعمال الترابية، بتكلفة كلية $284,000. وتواجه الحكومة الحالية مشكلة ماذا تفعل؟ حيث يمكن أن يستمر التطوير، وفي هذه الحالة يتوقع أنه ينبغي إنفاق $320,000 إضافية خلال سنة واحدة (تعالج كأنها دفعة في نهاية السنة). وفي نهاية تلك السنة، يمكن تأجير الموقع، ولدى المقاطعة قناعة بأنه سيحقق تدفقاً للدخل مقداره $24,000 في السنة (تدفع في بداية كل سنة) في المستقبل المنظور. وترى المقاطعة أن هذا التقدير قريب جداً من المبالغ الفعلية التـــي سيتم تحقيقها. أما البديل التالي، فبموجبه يمكن بيع الأرض كما هي الآن. وبسبب الحاجة إلى أعمال تسوية كبيرة، سيكون سعر البيع فقط $20,000. أما MARR لقرارات المقاطعة فهي 7% في السنة.
ناقشَ أحدُ أعضاء مجلس المقاطعة مسألة التخلي عن المشروع، قائلاً، "ستبلغ التكلفة الكلية للتطوير $584,000، وعند 7% هذا يعنـــي أنه علينا أن نحصل على $41,000 في السنة لتبرير الاستثمار. نحن لسنا قريبين من هذا الرقم. وعلينا أن نختصر خسارتنا وأن نستعيد $20,000 على الأقل من هذه الورطة".
طلبت منك المقاطعة أن تقدم لها النصح. اشرح توصيتك وبرر إجابتك.

نهاية الفصل



الاهتلاك وضرائب الدخل

يهدف هذا الفصل إلى توضيح مبادئ وآليات الاهتلاك depreciation والنضوب depletion ووصف دورهما في التحليل بعد حسم الضرائب. ويوضح، إضافة إلى ذلك الفرق بين التحليل قبل حسم الضرائب وبين التحليل بعد حسم الضرائب في دراسات الاقتصاد الهندسي.

يناقش هذا الفصل العناوين التالية:

طبيعة الاهتلاك depreciation.

طرق حساب الاهتلاك (التاريخية) الكلاسيكية.

نظام استرداد الكلفة المسرع والمعدل The modified accelerated cost recovery system.

النضوب depletion.

دخل الشركات الخاضع للضريبة.

المعدل الفعال (الحدي) لضريبة الدخل.

الربح أو الخسارة عند الخلاص من الأصل.

شرح التحاليل بعد حسم الضرائب.

الخطوات العامة لإجراء التحليل بعد حسم الضرائب.

معيار القيمة المضافة اقتصادياً.

تأثير احتياطيات النضوب بعد حسم الضرائب.

1.6 مقدمة

تُجمَعُ الضرائب منذ فجر الحضارة. وللمفارقة لم يكن لضريبة الدخل الفيدرالية في الولايات المتحدة وجود قبل تاريخ 13 آذار عام 1913 حين أقرَّ الكونغرس التعديل السادس عشر للدستور[1]. تأخذ جميع المؤسسات بالحسبان تأثير ضرائب الدخل على النتائج المالية لأي مشروع هندسي مُقترح، لأنَّ ضرائب الدخل تمثل تدفقاً نقدياً لا يُستهان به ولا يمكن إهماله عند اتخاذ القرار. يمكن، بناءً على الفصول السابقة، وصف المراحل المعتمدة في التطبيقات الهندسية لتحديد مستحقات ضريبة الدخل والتدفقات النقدية بعد حسم الضريبة، وسنستخدم في هذا الفصل *إجراء التدفق النقدي بعد حسم الضريبة After-Tax Cash Flow (ATCF)* في تحليل استثمار رأس المال لنتجنب الوقوع في مشاكل لا تُعَدّ ولا تُحصى ترافق عملية تحديد الدخل الصافي. ويُعدُّ التدفق النقدي بعد حسم الضرائب مقبولاً من الناحية النظرية فهو يوفِّرُ وسيلة سريعة وسهلة

[1] أثناء الحرب الأهلية، كانت ضريبة الدخل الفيدرالية البالغة 3% مفروضة في البداية سنة 1862 للمساعدة على تغطية نفقات الحرب. ثم ارتفعت لتصل إلى 10%، ولكنها أُلغيت في النهاية سنة 1872.

نسبياً لتحديد ربحية المشروع.

ستقتصر نصوص هذا الكتاب على نقاش أجزاء مختارة من مواد نظام العائد الداخلي (Internal Revenue Code) (وقوانين الولاية أو البلدية حيث وجدت) نظراً لاحتواء هذه المصادر على كمية كبيرة من المواد بشكل تفصيلي مسهب، وسيكون تركيزنا في هذا الفصل على *ضرائب الدخل الفيدرالية* وتأثيراتها عموماً على التحليل المالي للمشاريع الهندسية المقترحة. تهدف المواد المقدّمة في هذا الفصل إلى التثقيف. ففي الممارسة العملية يجب اللجوء إلى مستشار خبير عند تحليل أي مشروع محدَّد.

سنناقش في البداية موضوع *الاهتلاك* نظراً لتأثيره على التدفقات النقدية للمشروع بعد حسم الضرائب. وتُستخدم المواد المختارة عن الاهتلاك بعد ذلك فيما تبقى من الفصل في إجراء عملية تحليل المشاريع الهندسية بعد حسم الضرائب.

2.6 مفاهيم الاهتلاك ومصطلحاته

الاهتلاك عبارة عن انخفاض في قيمة الأملاك الفيزيائية نتيجة لمرور الزمن والاستخدام، وبعبارة أكثر تحديداً، الاهتلاك مفهوم *محاسبي* يحدِّدُ الاقتطاع السنوي من الدخل قبل حسم الضرائب بهدف إظهار تأثير الزمن والاستخدام على قيمة الأصل في البيانات المالية للشركة. وترمي الاقتطاعات السنوية نتيجة الاهتلاك إلى التعويض عن الجزء السنوي من قيمة الأصل المستخدم في توليد الدخل على مدار العمر الاقتصادي الفعلي لهذا الأصل. والاهتلاك الفعلي لا يَتحدَّد إلا بعد تقاعد (سحب) الأصل من الاستخدام، ولأن الاهتلاك يُشكِّل تكلفة *غير نقدية* تؤثر على ضرائب الدخل، فيجب حسابه بوجه ملائم عند إجراء دراسات اقتصاد هندسي بعد حسم الضرائب.

تُعرَّفُ الملكيةُ القابلة للاهتلاك depreciable property بأنَّها الملكية الخاضعة لحساب الاهتلاك وفقاً لقواعد وقوانين ضريبة الدخل البلدية أو في الولاية أو وفقاً لقواعد وقوانين ضريبة الدخل الفيدرالية، ولتُحدِّدُ إمكان إجراء حسومات الاهتلاك، لا بد أولاً من تصنيف الأنواع المختلفة للملكية. وبوجه عام، تُعدُّ الملكية قابلةً للاهتلاك إذا توفرت فيها الشروط الأساسية التالية:

1. يجب أن تُستَخدَم في الأعمال أو تخصَّص لتوليد الدخل.
2. يجب أن تتمتع بعمر مجد يمكن تحديده (معرف في الفقرة 2.2.6) وأن يكون هذا العمر أكثر من عام واحد.
3. يجب أن تكون شيئاً قابلاً للاهتراء، أو الاضمحلال، أو الفناء نتيجة الاستخدام، أو تصبح غير قابلة للاستخدام أو تخسر قيمتها نتيجة لعوامل طبيعية.
4. يجب أن لا تكون بنداً من بنود المخزون، أو سهماً في تجارة، أو ملكية استثمارية.

تُصنَّفُ الملكية القابلة للاهتلاك إلى: *مادّية* (tangible) *وغير مادّية* (intangible)، فالملكية المادّية هي الملكية التي تُرى وتلمس وتتضمن نوعين رئيسيين: الملكية الشخصية (personal property) والملكية الحقيقية أو العقارية (real property). تَشمل الملكية الشخصية أصولاً كالآلات والحافلات والتجهيزات والمفروشات وبنود مماثلة. بالمقابل، الملكية الحقيقية (أو العقارية) هي الأرض وأي شيء يُشادُ عليها أو ينمو عليها أو مرتبط بها. لكنَّ الأرض بحدِّ ذاتها غير قابلة للاهتلاك لأنَّه ليس لها عمر محدّد.

الملكية غير المادية هي ملكية شخصية مثل حق النشر، وبراءة الاختراع أو الامتياز. ومن النادر أن تتضمن المشاريع الهندسية هذا الصنف من الملكية، لذلك لن نتطرق في هذا الفصل إلى حساب اهتلاكها.

يمكن للشركة البدء باهتلاك الملكية التـــي تملكها عند وضع *هذه الملكية في الخدمة* للاستخدام في الأعمال ولتوليد الدخل. وتعدُّ الملكية موضوعةً في الخدمة عندما تكون جاهزة ومتوفرةً لاستخدام محدَّد، حتـــى لو لم تُستَخْدَم فعلياً. ويتوقف الاهتلاك عندما تُسترجعُ كلفة وضع أصول ما في الخدمة.

1.2.6 طرق حساب الاهتلاك ومجالاتها الزمنية الموافقة

تغيرت طرق حساب الاهتلاك المُجاز استخدامها في نظام العائد الداخلي مع الزمن. ويشير الملخَّص التالي عموماً إلى *الطرق الأساسية التـــي استُخدِمَتْ للملكية الموضوعة في الخدمة خلال ثلاث مراحل زمنية مميزة:*

قبل 1981 استُخدِمَتْ عدةُ طرق لحساب اهتلاك ملكية وُضِعَتْ في الخدمة قبل عام 1981. ومن بينها الطرق الأساسية التالية: طريقة الخط المستقيم (Straight Line (SL، طريقة الرصيد المتناقص (Declining Balance (DB، وطريقة مجموع أرقام السنوات (Sum of the Years Digits (SYD. وسنشير إلى هذه الطرق بمجملها باسم *الطرق الكلاسيكية أو التقليدية* أو طرق حساب الاهتلاك.

بعد عام 1981 وقبل عام 1987 من أجل ضرائب الدخل الفيدرالية، فَرَضَ قانون ضريبة الانتعاش الاقتصادي لعام 1981 (Economic Recovery Tax Act of 1981 ERTA) استخدام نظام استرداد الكلفة المسرَّع Accelerated Cost Recovery System (ACRS) لحساب اهتلاك الملكية المادية التـــي وُضِعَتْ في الخدمة خلال هذه المدة.

بعد عام 1986 يُعَدُّ قانون الإصلاح الضريبـــي لعام 1986 (Tax Reform Act of 1986 TRA 86) أوسع الإصلاحات الشاملة لضريبة الدخل في تاريخ الولايات المتحدة. فقد عدَّل هذا القانون نظام استرداد الكلفة المسرَّع السابق (ACRS) المُستخدم وفقاً لقانون ضريبة الانتعاش الاقتصادي (ERTA) واشترط استخدام نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل Modified Accelerated Cost Recovery System (MACRS) لحساب اهتلاك الملكية المادية التـــي وُضِعَتْ في الخدمة بعد عام 1986. يحوي هذا الفصل، ولعدة أسباب هامة، وصفاً للطرق الكلاسيكية (التقليدية) لحساب الاهتلاك. فهي تُطَبَّقْ مباشرة على الملكية الموضوعة في الخدمة قبل عام 1981، وكذلك على ملكيات أخرى مثل الملكية غير الماديّة (التـــي تتطلب استخدام طريقة الخط المستقيم) وغير المؤهَّلة لاستخدام نظام استرداد الكلفة المسرَّع (ACRS) أو نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS). كذلك تُفرَضُ هذه الطرق في أنظمة وقوانين الولاية وفي أنظمة وقوانين الحكومات المحلية في الولايات المتحدة. وتُستَخْدَمُ أيضاً في بلاد أخرى لحساب الاهتلاك. إضافة إلى ذلك، سنرى في الفقرة 4.6، أن طريقة الرصيد المتناقص (Declining Balance DB) وطريقة الخط المستقيم (Straight Line SL) تُستَخْدَمُ لتحديد معدَّلات الاسترداد السنوية وفق نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS).

لن يتعرض هذا الفصل إلى تطبيقات نظام استرداد الكلفة المسرَّع (ACRS) نظراً لسهولة توفّر منشورات مؤسّسة خدمات العائد الداخلي (Internal Revenue Service IRS) التـــي تشرح هذا النظام[2]. وسيقتصر هذا الفصل على

---

[2] هناك مراجع مفيدة لمادة هذا الفصل متاحة في المنشورات المحدَّثة سنوياً التـــي تصدر عن مؤسسة خدمات العائد الداخلي وهي: (الاهتلاك) Publication 534 و(دليل ضرائب الأعمال الصغيرة) Publication و(معلومات الضرائب على الشركات) Publication 542 و(بيع الأصول والتخلص منها) Publication.

وصف وتوضيح أجزاء مختارة من نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS) لأنَّ هذا النظام يُطبَّقُ على الملكية القابلة للاهتلاك في المشاريع الهندسية الحالية والمستقبلية.

2.2.6 تعاريف إضافية

يَستخدم هذا الفصل الكثير من المصطلحات التـي لا تتوفَّرُ عادة في مفردات المعرفة والخبرات الهندسية، لذلك ستتناول هذه الفقرة مجموعة مختزلة من التعاريف لاستكمال التعاريف المشروحة سابقاً:

أساس (الكلفة) المعدَّل Adjusted (Cost) Basis: يُستَخْدَمُ أساس الكلفة الأصلي للأصل، والمعدَّل بزيادة أو نقصان مسموح به، لحساب اقتطاعات الاهتلاك والنضوب للأصول. فكلفة أي تحسين لأصل رأسمالي ذي عمر مجد أكثر من عام واحد، على سبيل المثال، يزيد من أساس الكلفة الأصلي، والخسارة الناجمة عن حادثة أو سرقة تُخفِّضُ من هذا الأساس. وإذا عُدِّلَ الأساس، فقد يتطلَّب ذلك تعديل اقتطاعات الاهتلاك.

الأساس أو أساس الكلفة Basis, or Cost Basis تَتَضَمَّنُ الكلفة الأولية لاقتناء أصل ما (ثمن الشراء وأي ضريبة مبيعات) وتتضمن مصاريف النقل وتكاليف طبيعية أخرى تَجعل الأصل جاهزاً للاستخدام. وتُدْعَى هذه الكلفة أيضاً *بأساس الكلفة غير المعدَّل unadjusted cost basis*.

القيمة الدفترية أو المحاسبية Book Value (BV) هي قيمة ملكية قابلة للاهتلاك كما تظهر في السجلات المحاسبية للشركة. وهي أساس الكلفة الأصلية للملكية، متضمنةً أية تعديلات ومحسوماً منه جميع اقتطاعات الاهتلاك والنضوب المسموح بها. فهي تُمَثِّلُ المبلغ المتبقي من رأس المال المستثمر في الملكية والذي يجب استرداده في المستقبل بموجب العمليات المحاسبية. والقيمة المحاسبية (BV) للملكية ربما لا تُمَثِّل مقياساً يَصلح لتحديد قيمته السوقية (الرائجة). وبوجه عام، تكون القيمة المحاسبية للأصل في نهاية السنة k:

$$(\text{القيمة المحاسبية})_k = \text{أساس الكلفة المعدَّل} - \sum_{j=1}^{k} (\text{مجموع اقتطاع الاهتلاك})_j \qquad (1.6)$$

القيمة السوقية أوالرائجة Market Value (MV) هي المبلغ الذي يَدفعه الشاري الرّاغب في الشراء إلى بائع الملكية الرّاغب في البيع بحيث يحصل كل منهما على منفعة متعادلة دون إكراه في البيع أو الشراء. والقيمة الرائجة تعادل القيمة الحالية التـي يحصل عليها من طريق امتلاك الملكية متضمنة القيمة الزمنية للمال (أو الربح).

مدة الاسترداد Recovery Period هي عدد السنوات اللازمة لاسترداد أساس كلفة الملكية بموجب العمليات المحاسبية. تعتمد الطرق الكلاسيكية للاهتلاك عادة العمر المجدي كمدة استرداد. ويُشارُ إلى مدة الاسترداد باستخدام طريقة (MACRS) في نظام الاهتلاك العام General Depreciation System (GDS) باسم *فئة الأصل (property class)* وباسم *فئة العمر (class life)* في نظام الاهتلاك البديل Alternative Depreciation System (ADS) (راجع الفقرة 4.6).

معدَّل الاسترداد Recovery Rate هي النسبة (بشكل عشري) لكل سنة من مدة الاسترداد المُحَدَّدة في نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS) والتـي تُستَخْدَمْ لحساب اقتطاعات الاهتلاك السنوية.

قيمة الخلاص أو القيمة المُستَخْلَصَة Salvage Value (SV) هي القيمة التقديرية للملكية عند نهاية عمرها المجدي[3]. فهي تُمَثِّل سعر البيع المُتوقَّع للملكية حين يُصبح الأصل بحالة لا يمكن لمالكه استخدامه بطريقة منتجة. يُستَخْدَم مصطلح *قيمة الخلاص الصافية (net salvage value)* عندما يَتَحَمَّل مالك الأصل مصاريف في التخلص من الأصل، وفي هذه الحالة يجب اقتطاع هذه التدفقات النقدية الخارجة (المصاريف) من التدفقات النقدية الداخلة للحصول على قيمة الخلاص الصافية. تُحَدَّدُ قيمة الخلاص، عند استخدام طرق الاهتلاك الكلاسيكية، أساساً بدرجة تقديرية وتُستَخْدَمُ في حسابات الاهتلاك. في حين تُؤخَذُ قيمة الخلاص للملكية المؤهّلة لحسابات الاهتلاك مساوية الصفر في نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS).

العمر المجدي Useful life هو المدة المُتوقَّعةْ (التقديرية) التـــي ستُستَخْدَمُ فيها الملكية في تجارة ما أو أعمال لتوليد الدخل. ولا يُمَثِّل العمر المجديُ مدة بقاء الملكية، وإنما يُمَثِّلُ المدة التـــي يتوقعها المالك استخدام الملكية بطريقة منتجة.

3.6 طرق الاهتلاك الكلاسيكية (التاريخية)

يَصفُ هذا الجزء ويوضِّح طرق الخط المستقيم (SL) والرصيد المتناقص (DB) وطريقة مجموع أرقام السنوات (SYD) لحساب اقتطاعات الاهتلاك. وكما ذُكر في الجزء 2.6، يَستمِّر تطبيق هذه الطرق التاريخية، بأسلوب مباشر وغير مباشر، لتحديد اهتلاك الملكية. وسيتطرق هذا الجزء أيضاً إلى طريقة وحدات الإنتاج.

1.3.6 طريقة الخط المستقيم (SL)

تُعَدُّ طريقة الخط المستقيم من أبسط طرق حساب الاهتلاك. فهي تَفترض مقداراً ثابتاً من الاهتلاك لكل عام على مدار عمر الاهتلاك (المجدي) للأصل. فإذا عرفنا:

N = عمر الاهتلاك للأصل مقدراً بالسنوات.

B = أساس الكلفة، متضمناً التعديلات المسموحة.

d_k = اقتطاع الاهتلاك السنوي للسنة k $(1 \leq k \leq N)$.

BV_k = القيمة الدفترية أو المحاسبية في نهاية السنة k.

SV_N = قيمة الخلاص التقديرية في نهاية السنة N.

d_k^* = الاهتلاك التراكمي حتـــى السنة k.

فإنّ:

$$d_K = (B - SV_N) / N \qquad (2.6)$$

$$d^*_k = kd_k \text{ for } 1 \leq k \leq N \qquad (3.6)$$

$$BV_K = B - d^*_k \qquad (4.6)$$

لاحظ أنه في هذه الطريقة، يجب أن تقدر قيمة الخلاص النهائية (SV)، التـــي تُمَثِّلُ أيضاً القيمة الدفترية النهائية في نهاية السنة N. وفي بعض الحالات فإن قيمة الخلاص التقديرية في نهاية السنة N (SV_N) ربما لا تساوي القيمة السوقية أو

---

[3] تستعمل عادة مصطلح القيمة السوقية (MV) مكان مصطلح القيمة المستخلصة (SV).

الرائحة الفعلية للأصل MV.

المثال 6-1

لدينا منشار كهربائي جديد لقطع الأخشاب إلى قطع صغيرة في ورشة تصنيع مفروشات، أساس كلفته $4000 وعمر اهتلاكه 10 سنوات، وكلفة الخلاص التقديرية SV لهذا المنشار تساوي الصفر في نهاية السنة العاشرة من عمر اهتلاكه. حَدِّد مبالغ الاهتلاك السنوية مستخدماً طريقة الخط المستقيم، ورتّب في جدول مبالغ الاهتلاك السنوية والقيمة المحاسبية للمنشار عند نهاية كل سنة.

الحل

يُحصَلُ على مقدار الاهتلاك، والاهتلاك التراكمي، والقيمة المحاسبية، لكل سنة بتطبيق المعادلات (2.6) و(3.6) و(4.6) والعيّنة التالية تُمثّلُ حسابات السنة الخامسة:

$$d_5 = \frac{\$4,000 - 0}{10} = \$400,$$

$$d_5^* = \frac{5(\$4,000 - 0)}{10} = \$2,000.$$

$$\text{BV}_5 = \$4,000 - \frac{5(\$4,000 - 0)}{10} = \$2,000$$

يُظهر الجدول التالي مبالغ الاهتلاك والقيمة المحاسبية للمنشار لكل سنة من السنوات:

BV_k	d_k	نهاية السنة k
$4,000	——	0
3,600	$400	1
3,200	400	2
2,800	400	3
2,400	400	4
2,000	400	5
1,600	400	6
1,200	400	7
800	400	8
400	400	9
0	400	10

2.3.6 طريقة الرصيد المتناقص

تُدعى أحياناً *بطريقة النسبة الثابتة* (*constant-percentage method*) أو *علاقة ماثيسون* (*Matheson formula*) وكلفة الاهتلاك السنوية وفقاً لهذه الطريقة هي نسبة ثابتة من القيمة الدفترية أو المحاسبية BV عند *بداية* السنة. فنسبة الاهتلاك لأيّة سنة إلى القيمة المحاسبية عند بداية هذه السنة هي نسبة ثابتة على مدار عمر الأصل ويُشار إليها بالرمز

R حيث ($0 < R < 1$). فعند استخدام رصيد متناقص 200% فإنّ $R = 2/N$ (أي ضعف المعدّل $1/N$ في طريقة الخط المستقيم) حيث N تساوي عمر اهتلاك الأصل. وإذا حُدّدَ الرصيد المتناقص بـــ 150% فإنّ $R = 1.5/N$، وتُعَدُّ العلاقات التالية صالحة لطريقة الرصيد المتناقص (DB):

$$d_1 = B(R) \quad (5.6)$$

$$d_k = B(1 - R)^{k-1}(R) \quad (6.6)$$

$$d^*_k = B[1 - (1 - R)^k] \quad (7.6)$$

$$BV_k = B(1 - R)^k \quad (8.6)$$

$$BV_N = B(1 - R)^N \quad (9.6)$$

لاحظ أن المعادلات (5.6) إلى (9.6) لا تحوي الحد SV_N.

المثال 6-2

أعد المثال 6-1 مستخدماً طريقة الرصيد المتناقص DB في حالتين (آ) $R = 2 / N$ (رصيد متناقص 200 %) و(ب) $R = 1.5/N$ (رصيد متناقص 150%) ورتّبْ في جدول مبالغ الاهتلاك السنوية والقيمة المحاسبية أو الدفترية لكل عام.

الحل

تُحَدَّدُ قيمة الاهتلاك السنوي، والاهتلاك التراكمي، والقيمة المحاسبية، باستخدام المعادلات (6.6) و(7.6) و(8.6) على التوالي. والعيّنة التالية تُمَثّلُ الحسابات الخاصّة بالسنة السادسة:

(آ)

$$R = 2/10 = 0.2$$

$$d_6 = \$4,000(1 - 0.2)^5 (0.2) = \$262.14$$

$$d^*_6 = \$4,000[1 - (1 - 0.2)^6] = \$2,951.42$$

$$BV_6 = \$4,000(1 - 0.2)^6 = \$1,048.58$$

(ب)

$$R = 1.5/10 = 0.15$$

$$d_6 = \$4,000(1 - 0.15)^5 (0.15) = \$266.22$$

$$d^*_6 = \$4,000[1 - (1 - 0.15)^6] = \$2,491.40$$

$$BV_6 = \$4,000(1 - 0.15)^6 = \$1,508.60$$

يُوضِّحُ الجدول التالي مبالغ الاهتلاك والقيمة المحاسبية BV لكل عام عندما تكون $R = 2/N = 0.2$:

طريقة الرصيد المتناقص 200%		
نهاية السنة K	d_k	BV_k
0	——	$4,000
1	$800	3,200
2	640	2,560
3	512	2,048
4	409.60	1,638.40
5	327.68	1,310.72
6	262.14	1,048.58
7	209.72	838.86
8	167.77	671.09
9	134.22	536.87
10	107.37	429.50

3.3.6 طريقة مجموع أرقام السنوات

لحساب اقتطاعات الاهتلاك بطريقة مجموع أرقام السنوات (SYD)، تُرَتَّبُ الأرقام الموافقة لسنوات عمر اهتلاك الأصل ترتيباً عكسياً، ثم يُحَدَّدُ مجموع هذه الأرقام. إنَّ عامل الاهتلاك لأي سنة من السنوات هو رقم هذه السنة وفق الترتيب العكسي مقسوماً على مجموع أرقام السنوات. و يُوضِّحُ الجدول التالي عوامل الاهتلاك حسب طريقة مجموع أرقام السنوات (SYD) لأصل عمر اهتلاكه خمسة سنوات:

السنة	رقم السنة بترتيب عكسي (أرقام)	عامل الإهتلاك طريقة مجموع أرقام السنوات SYD
1	5	5/15
2	4	4/15
3	3	3/15
4	2	2/15
5	1	1/15
مجموع الأرقام	15	

إنَّ الاهتلاك في أي سنة من السنوات يساوي جداء عامل الاهتلاك (SYD) لتلك السنة في الفرق ما بين أساس الكلفة (B) وقيمة الخلاص النهائية المقدرة (SV). والشّكل العام لكلفة الاهتلاك السنوية لأي سنة k، حيث N يساوي عمر الاهتلاك للأصل، يُعطى بالعلاقة:

$$d_k = (\mathrm{B} - \mathrm{SV}_N) \cdot \left[\frac{2(N-k+1)}{N(N+1)}\right] \quad (10.6)$$

والقيمة المحاسبية BV في نهاية السنة k تعطى بالعلاقة:

$$\mathrm{BV}_k = B - \left[\frac{2(B-\mathrm{SV}_N)}{N}\right]k + \left[\frac{(\mathrm{B}-\mathrm{SV}_N)}{N(N+1)}\right]k(k+1) \quad (11.6)$$

والاهتلاك التراكمي حتـــى نهاية السنة k يعطى بالعلاقة:

$$d_k^* = B - BV_k \qquad (12.6)$$

المثال 3-6

أعِد المثـــال 1-6 مستخدماً طريقة مجموع أرقام السنوات (SYD)، ورتّب في جدول مبالغ الاهتلاك السنوية والقيمة المحاسبية لكل عام.

الحل

يُحَدَّدُ الاهتلاك السنوي، والقيمة المحاسبية، ومبالغ الاهتلاك التراكمي باستخدام المعادلات (10.6) و(11.6) و(12.6) على التوالي. والعيّنة التالية تبيّن حسابات السنة الرابعة:

$$d_4 = \$4{,}000\left[\frac{2(10-4+1)}{10(11)}\right] = \$509.09,$$

$$BV_4 = \$4{,}000 - \left[\frac{2(\$4{,}000)}{10}\right]\cdot 4 + \left[\frac{\$4{,}000}{10(11)}\right]\cdot 4\cdot 5 = \$1{,}527.27,$$

$$d^*_4 = \$4{,}000 - \$1{,}527.27 = \$2{,}472.73.$$

يبيّن الجدول التالي مبالغ الاهتلاك والقيمة المحاسبية لكل عام:

نهاية السنة k	d_k	BV_k
0	—	$4,000.00
1	$727.27	3,272.73
2	654.55	2,618.18
3	581.82	2,036.36
4	509.09	1,527.27
5	436.36	1,090.91
6	363.64	727.27
7	290.91	436.36
8	218.18	218.18
9	145.45	72.73
10	72.73	0.00

4.3.6 طريقة الرصيد المتناقص مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL

يُسمَحُ أثناء إجراء حسابات الاهتلاك بالانتقال من طريقة الرصيد المتناقص DB إلى طريقة الخط المستقيم SL، ذلك لأنَّ طريقة الرصيد المتناقص DB لا تصل نهائياً إلى قيمة محاسبية BV مساوية للصفر، وبهذا الانتقال تُصبح القيمة المحاسبية للأصل BV_N مساوية للصفر (أو مساوية مبلغاً محدداً مثل SV_N). ويُستَخدَمُ هذا الأسلوب أيضاً في حساب معدلات الاسترداد في (الجدول 3.6) وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS).

الجدول 1.6: طريقة الرصيد المتناقص DB 200% مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL (المثال 6-1).

السنة k	(1) القيمة المحاسبية في بداية السنة BV[a]	(2) طريقة الرصيد المتناقص DB 200%[b]	(3) طريقة الخط المستقيم SL[c]	(4) مبلغ الاهتلاك المختار[d]
		طريقة الاهتلاك		
1	$4,000.00	$800.00	>$400.00	$800.00
2	3,200.00	640.00	>355.56	640.00
3	2,560.00	512.00	>320.00	512.00
4	2,048.00	409.60	>292.57	409.60
5	1,638.40	327.68	>273.07	327.68
6	1,310.72	262.14	=262.14	242.14(switch)
7	1,048.58	209.72	<262.14	262.14
8	786.44	167.77	<262.14	262.14
9	524.30	134.22	<262.14	262.14
10	262.16	107.37	<262.14	262.14
		$3,570.50		$4,000.00

a القيمة المذكورة في العمود (1) للسنة k مطروحاً منها المبلغ المذكور في العمود (4) للسنة k، تساوي القيمة المذكورة في العمود (1) للسنة k + 1.

b (2/10 =) 200% في العمود (1).

c قيم العمود (1) مطروحاً منها قيم SVN ومقسومة على السنوات المتبقية من بداية السنة وحتى السنة العاشرة.

d يختار المبلغ الأكبر في العمود (2) أو (3).

يُوضّحُ (الجدول 1.6) الانتقال من الاهتلاك (للمثال 6-1) وفقاً لرصيد متناقص مضاعف DB إلى الاهتلاك وفقاً لطريقة الخط المستقيم SL. ويَحدث الانتقال في السنة التـي يُحصلُ فيها على مبلغ أكبر للاهتلاك باستخدام طريقة الخط المستقيم SL. ففي (الجدول 1.6)، من الواضح أنّ $d_6 = \$262.14$. و القيمة المحاسبية BV عند نهاية السنة السادسة (BV_6) تساوي $1,048.58. ونلاحظ في (الجدول 1.6)، إضافة إلى ذلك، أنّ BV_{10} تساوي $\$ 4,000 - \$ 3,570.50 = \$ 429.50$ دون الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL. ولكن مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم فإنّ BV_{10} تساوي الصفر. ويَتضّحُ أنّ d_k وd^*_k وBV_k من السنة السابعة حتـى العاشرة قد حُدِّدَتْ بطريقة الخط المستقيم SL، التـي تُسمح باهتلاك كامل أساس الكلفة على مدار مدة استرداد قدرها عشر سنوات.

5.3.6 طريقة وحدات الإنتاج

بُنِيَتْ جميع طرق حساب الاهتلاك، التـي نُوقِشَتْ حتـى هذه النقطة، على مرور الزمن (بالسنوات) اعتماداً على النّظرية القائلة بأنّ الانخفاض في قيمة الملكية هو بوجه رئيسي تابع للزمن. ولكنْ عندما يكون الانخفاض في القيمة، على الأغلب، تابعاً للاستخدام، فإنّ الاهتلاك يُبْنـى على معيار لا يُعبَّر عنه بالسنوات. وفي هذه الحالة تُستَخْدَمُ عادة طريقة وحدات الإنتاج.

يُوَزَّعُ، في هذه الطريقة، أساس الكلفة (مطروحاً منه كلفة الخلاص النهائيّة SV) بالتساوي على العدد التقديري للوحدات المُنتَجة خلال العمر المجدي للأصل. ويُحسَبُ معدَّل الاهتلاك من العلاقة التالية:

$$\text{الاهتلاك لوحدة الإنتاج} = \frac{B - SV_N}{\text{العمر التقديري للإنتاج مقدراً بوحدات الإنتاج}}$$

(13.6)

المثال 4-6

أساس كلفة إحدى المعدَّات المُستخدمة في العمل 50,000 $ ومن المُتوقَّع عند استبدالـــها بعد 30,000 ساعة عمل أن تكون قيمة الخلاص 10,000 $. حَدِّدْ معدَّل الاهتلاك لها لكل ساعة استخدام وقيمتها المحاسبية BV بعد 10,000 ساعة من التشغيل.

الحل

$$\text{الاهتلاك لكل وحدة الإنتاج} = \frac{\$\,10{,}000 - \$\,50{,}000}{30{,}000\ \text{ساعة}} = \$1.33/\text{ساعة}$$

بعد 10,000 ساعة من التشغيل فإن: $BV = \$\,50{,}000 - \frac{\$1.33}{\text{ساعات}}$ (10,000 ساعة)، أو $BV = 36{,}700\$$

4.6 نظام استرداد الكلفة المسرّع والمعدّل

كما ذكرنا سابقاً في الفقرة 1.2.6 أُنشِئ نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS) من قبل قانون الإصلاح الضريبـــي لعام 1986 (Tax Reform Act TRA 86)، ويُمَثّلُ الآن الطريقة الأساسية لحساب اقتطاعات الاهتلاك للملكية في المشاريع الهندسية. ويُطَبَّقُ هذا النظام على معظم الملكيات (الأصول) المادية القابلة للاهتلاك والموضوعة في الخدمة بعد تاريخ 31 كانون الأول عام 1986. وتُمَثّلُ الأصول غير المادية والأصول التـــي يُحسَبُ اهتلاكها وفق طريقة غير مبنيّة على مرور الزمن (طريقة وحدات الإنتاج) أمثلة للأصول المُستثناة من حسابات الاهتلاك باستخدام نظام (MACRS). فالطرق السابقة لحساب الاهتلاك تشترط تقدير العمر المجدي (N) وقيمة الخلاص (SV) عند نهاية العمر المجدي (SV_N)، على حين أن قيمة الخلاص عند نهاية العمر المجدي (SV_N) وفقاً لنظام (MACRS) تساوي الصفر وتقدير العمر المجدي لا يُستَخْدَمْ بشكل مباشر في حساب مبالغ الاهتلاك.

يتألف نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS) لحساب اقتطاعات الاهتلاك من نظامين، نظام رئيسي يُدعى *بنظام الاهتلاك العام* (*the General Depreciation System (GDS)*) والنظام الثانـــي يُدعى *بنظام الاهتلاك البديل* (the *Alternative Depreciation System* (ADS)). يُعطي نظام الاهتلاك البديل(ADS) عموماً مدة أطول للاسترداد ويَستخدم طريقة الخط المستقيم لحساب الاهتلاك. تُمَثّلُ الملكية (الأصول) الموضوعة في الاستخدام المُعفى من الضرائب والأصول المُستخدمة خارج الولايات المتحدة أمثلة للأصول التـــي يُحسب اهتلاكها باستخدام نظام الاهتلاك البديل (ADS). يمكن، في حال الخيار، استخدام نظام الاهتلاك البديل (ADS) لحساب اهتلاك أي ملكية قابلة لحساب الاهتلاك وفقاً لنظام الاهتلاك العام (GDS).

عند حساب اهتلاك أصل وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS)، يجب أن تتوفر المعلومات التالية قبل البدء بحساب اقتطاعات الاهتلاك:

1. أساس الكلفة (B).
2. تاريخ وضع الملكية في الخدمة.
3. فئة الملكية ومدة الاسترداد.
4. طريقة الاهتلاك التـــي ستُستَخْدَم وفقاً لنظام (MACRS) (نظام GDS أو نظام ADS).
5. معيار الزمن المُطَبَّقْ (نصف عام).

نوقشَ أوّل بندين في الفقرة 2.6 وستُناقَشُ باقي البنود في الفقرات التالية.

1.4.6 فئة الملكية (الأصل) ومدة الاسترداد

تُصنَّفُ الملكية (الأصول) المادية القابلة للاهتلاك وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS) إلى فئات أصول. ويُخَصَّصُ لكل ملكية *فئة عمر a class life ومدة استرداد وفقاً لنظام الاهتلاك العام GDS recovery period ومدة استرداد وفقاً لنظام الاهتلاك البديل* (ADS). ويوضّح (الجدول 2.6) قائمة جزئية للأصول المستخدمة في الأعمال والقابلة لحسابات الاهتلاك لاستخداماتنا في هذا المرجع. وقد جُمِعَت فئاتْ الملكية (الأصول) في العمود الثانـــي من الجدول في مجموعات. أما الأعمدة الثلاثة الباقية الفئة العمرية ومدة الاسترداد وفقاً لنظام (GDS) ومدة الاسترداد وفقاً لنظام (ADS) (جميعها بالسنوات) لهذه الأصول.

إنَّ المعلومات الأساسية الخاصة بفئات الأصول ومدد الاسترداد وفقاً لنظام الاهتلاك العام (GDS) هي على النحو التالي:

1. تُخَصَّصُ إحدى *فئات الأصول الشخصية الستة* (3 و5 و7 و10و 15 و20 سنة) لمعظم الملكيات الشخصية المادية. وفئة الملكية (الأصول) الشخصية (بالسنوات) هي ذاتها *مدة الاسترداد في نظام الاهتلاك العام* (GDS). وأي ملكية (أصل) شخصية قابلة للاهتلاك لا تَقع ضمن إحدى فئات الأصول المُحدَّدة يُحسَبُ اهتلاكها ضمن فئة الأصول ذات سبع سنوات.
2. تُصنَّفُ الملكية (الأصل) العقارية في فئتـــي *ملكية عقارية*: فئة الملكية العقارية غير السكنية وفئة الملكية السكنية المؤجَّرة.
3. *مدة الاسترداد وفقاً لنظام الاهتلاك العام* (GDS) 39 سنة للملكية العقارية غير السكنية (31.5 سنة إذا وُضِعَ في الخدمة قبل 13 آيار عام 1993) و27.5 سنة للملكية العقارية السكنية.

الملخَّص التالي يوضّح المعلومات الأساسية لنظام الاهتلاك البديل (ADS):

1. يوضّح العمود في يمين (الجدول 6.2) مدة الاسترداد وفقاً لنظام الاهتلاك البديل (ADS) للأصل الشخصي المادي (وهي عادة الفئة العمرية للأصل باستثناء الفئات 00.12 و00.22).
2. يُحسَبُ الاهتلاك، وفقاً لنظام الاهتلاك البديل (ADS)، لأيّ ملكية (أصل) شخصية مادّية لا تَقع ضمن إحدى الفئات باعتماد مدة استرداد قدرها 12 سنة.
3. *مدة الاسترداد وفقاً لنظام الاهتلاك البديل* (ADS) لملكية عقارية غير سكنية 40 سنة.

الجدول 2.6: الفئات العمرية ومدد الاسترداد حسب نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MARCS[a]

فئة الأصل	اهتلاك الأصول أو الأصول القابلة للاهتلاك والمستخدمة في الأعمال	فئة العمر	مدة الاسترداد	
			وفق نظام الاهتلاك العام GDS[b]	وفق نظام الإهتلاك البديل ADS
00.11	تجهيزات ومفروشات المكاتب	10	7	10
00.12	أنظمة المعلوماتية متضمنة الحواسيب	6	5	5
00.22	السيارات	3	5	5
00.23	الباصات	9	5	9
00.241	شاحنات خفيفة متعددة الأغراض	4	5	5
00.242	شاحنات ثقيلة متعددة الأغراض	6	5	6
00.26	جرارات تستخدم على الطرقات	4	3	4
10.0	مناجم	10	7	10
13.2	إنتاج النفط والغاز الطبيعي	14	7	14
13.3	تكرير النفط	16	10	16
15.0	عمليات التشييد	6	5	6
22.3	تصنيع السجاد	9	5	9
24.4	تصنيع منتجات صوفية	10	7	10
28.0	تصنيع كيماويات والمنتجات المرتبطة بها	9.5	5	9.5
30.1	تصنيع منتجات مطاطية	14	7	14
32.2	تصنيع إسمنت	20	15	20
34.0	تصنيع منتجات معدنية	12	7	12
36.0	تصنيع مكونات ومنتجات وأنظمة إلكترونية	6	5	6
37.11	تصنيع حافلات	12	7	12
37.2	تصنيع منتجات جوية لها علاقة بالنقل الجوي	10	7	10
48.12	تجهيزات هاتف لمكاتب مركزية	18	10	18
49.13	معامل إنتاج البخار لإنتاج الكهرباء	28	20	28
49.21	منشآت وتجهيزات توزيع الغاز	35	20	35

a مستخلص جزئياً من How to Depreciate Property، منشورات IRS الجدول B-1 والجدول B-2.

b تمثل GDS أيضاً فئة الأصل.

ستناقش الفقرة التالية بالتفصيل استخدام هذه القواعد وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS).

2.4.6 طرق حساب الاهتلاك، غُرف الزمن ومعدَّلات الاسترداد

يُمكن تلخيص الطرق الأساسية المُستخدَمة لحساب اقتطاعات الاهتلاك على مدار مدة الاسترداد للأصل، وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS)، على النحو التالي:

1. فئات الأصول الشخصية المُصنَّفة وفقاً لفترات استرداد 3 و5 و7 و10 سنوات حسب نظام (GDS): تُستَخْدَمُ طريقة الرصيد المتناقص 200% (200% DB) مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم (SL) عندما تُعطي طريقة الخط المستقيم

اقتطاعات أكبر للاهتلاك. وقد وضِّحَتْ هذه الطريقة في الفقرة 4.3.6.

2. فئات الأصول الشخصية المُصنَّفة وفقاً لمدد استرداد 15 و20 سنة حسب نظام (GDS): تُستَخْدَمُ طريقة الرصيد المتناقص 150% (150% DB) مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم (SL) عندما تُعطي طريقة الخط المستقيم اقتطاعات أكبر للاهتلاك.

3. فئات الأصول العقارية غير السكنية والسكنية المؤجّره المصنفة وفقاً لنظام (GDS): تُستَخْدَمُ طريقة الخط المستقيم (SL) مع مدد استرداد مُثَبَّتة ومُحَدَّدة في تصنيف نظام الاهتلاك العام (GDS).

4. الفئات المُصنَّفة وفقاً لنظام الاهتلاك البديل (ADS): تُستَخْدَمُ طريقة الخط المستقيم (SL) لكل من الأصول الشخصية والعقارية مع مدد استرداد مُثَبَّتة ومُحَدَّدة في تصنيف نظام الاهتلاك البديل (ADS).

الجدول 3.6: معدلات الاسترداد (r_k) حسب نظام الاهتلاك العام لست فئات أصول شخصية.

السنة	مدة الاسترداد (وفئة الأصل)					
	3 سنوات[a]	5 سنوات[a]	7 سنوات[a]	10سنوات[a]	15 سنة[b]	20 سنة[b]
1	0.3333	0.2000	0.1429	0.1000	0.0500	0.0375
2	0.4445	0.3200	0.2449	0.1800	0.0950	0.0722
3	0.1481	0.1920	0.1749	0.1440	0.0855	0.0668
4	0.0741	0.1152	0.1249	0.1152	0.0770	0.0618
5		0.1152	0.0893	0.0922	0.0693	0.0571
6		0.0576	0.0892	0.0737	0.0623	0.0528
7			0.0893	0.0655	0.0590	0.0489
8			0.0446	0.0655	0.0590	0.0452
9				0.0656	0.0591	0.0447
10				0.0655	0.0590	0.0447
11				0.0328	0.0591	0.0446
12					0.0590	0.0446
13					0.0591	0.0446
14					0.0590	0.0446
15					0.0591	0.0446
16					0.0295	0.0446
17						0.0446
18						0.0446
19						0.0446
20						0.0446
21						0.0223

المصدر: منشورات Publication 534. واشنطن Government بيان الضرائب 1998.

a حُسبت هذه المعدلات بتطبيق طريقة الرصيد المتناقص 200% DB على مدة الاسترداد باستخدام عُرف نصف العام المطبق على السنة الأولى والأخيرة. يجب أن يكون مجموع هذه المعدلات 1.0000.

b حُسبت هذه المعدلات بتطبيق طريقة 150% DB بدلاً من طريقة 200% DB، وقد دُوِّرت الأرقام إلى أربع خانات عشرية.

يُستَخْدَمُ عُرف *(معيار) زمنـــي قدره نصف عام* لحساب اهتلاك الملكية (الأصول) الشخصية الماديّة وفقاً لنظام

استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS). ويعنـــي ذلك أن جميع الأصول الموضوعة في الخدمة خلال العام تُعامل على أنَّ استخدامها بدأ في منتصف العام، أيّ يُسمَحْ بحساب الاهتلاك لنصف عام. وعند سحب الأصل من الخدمة، يستخدم عُرف نصفا العام أيضا. *فإذا سُحِبَ الأصل من الاستخدام قبل استنفاذ مدة الاسترداد كاملة تُؤخَذ بالحسبانُ نصف اقتطاعات الاهتلاك الطبيعي فقط للعام الذي سُحِبَ فيه الأصل كمبلغ اهتلاك لذلك العام.*

يوضّح (الجدول 3.6) *معدَّلات الاسترداد* لفئات الملكيات (الأصول) الشخصية الستة المُصنَّفة وفقاً لمدد استرداد 3 و5 و7 و10 و15 و20 سنة حسب نظام الاهتلاك العام (GDS) والتـــي ستُستَخْدَم في حسابات الاهتلاك. تتضمن هذه المعدَّلات عرف نصف – العام وتتضمن أيضاً الانتقال من طريقة الرصيد المتناقص (DB) إلى طريقة الخط المستقيم (SL) عندما تُعطي طريقة الخط المستقيم اقتطاعات أكبر للاهتلاك. لاحظ أنَّ القيمة المحاسبية النهائية (BV) للأصل تساوي الصفر إذا سُحِبَ الأصل من الاستخدام عند السنة $N + 1$. إضافة إلى ذلك، يوجَدُ $N + 1$ معدَّل استرداد لكل فئة ملكية (أصل) حسب تصنيف نظام الاهتلاك العام (GDS) لمدة استرداد N سنة.

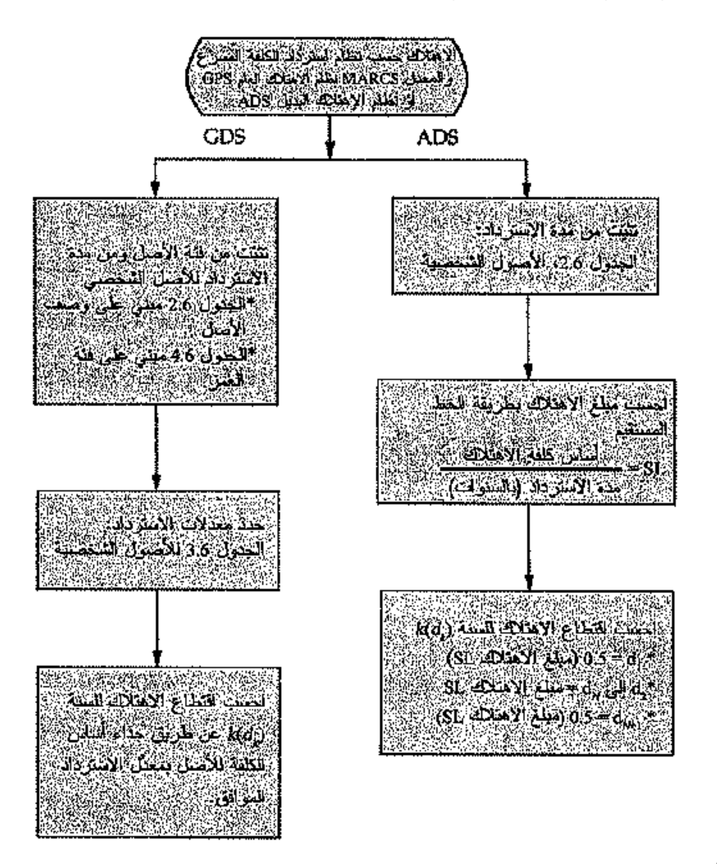
الجدول 4.6: فئات الأصول حسب نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MARCS.

فئة الأصل حسب نظام الاهتلاك البديل (GDS) وطريقة حساب الاهتلاك	فئة العمر	قواعد خاصة
3- سنوات، طريقة الرصيد المتناقص DB 200% مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL	أربع سنوات وأقل	تتضمن بعض حلبات سباق الأحصنة ولا تتضمن السيارات والشاحنات الخفيفة.
5- سنوات، طريقة الرصيد المتناقص DB 200% مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL	أكثر من أربع سنوات وأقل من 10 سنوات	تتضمن السيارات والشاحنات الخفيفة ، وتجهيزات تصنيع أنصاف النواقل، والتجهيزات التكنولوجية، وتجهيزات مقاسم المكتب المركزية المشغلة عن طريق الحاسب، بعض منشآت وتجهيزات توليد الطاقة ومنشآت البحث والتطوير
7- سنوات، طريقة الرصيد المتناقص DB 200% مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL	عشر سنوات وأقل من 16 سنة	تتضمن المنشآت الزراعية الوحيدة الغرض مع مسارات سكك الحديد والأصول التـــي ليس لها فئة أصلاً
10- سنوات، طريقة الرصيد المتناقص DB 200% مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL	16سنة وأقل من 20سنة	لا يوجد
15- سنة، طريقة الرصيد المتناقص DB 150% مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL	20 سنة وأقل من 25 سنة	تتضمن محطات معالجة الصرف الصحي ، منشآت شبكات توزيع الهاتف وتجهيزات اتصال المعلومات والصوت باتجاهين
20- سنة، طريقة الرصيد المتناقص DB 150% مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL	25 سنة وأكثر	تتضمن أصول عقارية ذات فئة عمرية 27.5 سنة أو أكثر. وتتضمن شبكات الصرف الصحي
27.5 سنة، طريقة الخط المستقيم SL	لا تخضع لفئة عمر	أصول مستأجرة للسكن
39 سنة، طريقة الخط المستقيم SL	لا تخضع لفئة عمر	أصول عقارية لغير السكن

المصدر: إصلاح الضرائب 1986: تحليل وتخطيط. شيكاغو (الصفحة 112). بترخيص من آرثر اندرسون وشركاه.

يحوي (الجدول 4.6) ملخصاً للميّزات الرئيسية لنظام الاهتلاك العام وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS). ويتضمَّن بعض القواعد الخاصّة عن الأصول القابلة لحساب الاهتلاك. يوضّح (الشكل 1.6) مخططاً صندوقياً

لحساب اقتطاعات الاهتلاك وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS). والخيار المهم، كما هو واضح في الشكل، استخدام نظام الاهتلاك العام (GDS) أم استخدام نظام الاهتلاك البديل (ADS) عوضاً عنه لحساب اهتلاك الأصول. ولكن عادة ما يُستَخْدَم نظام الاهتلاك العام (GDS) لحساب اقتطاعات الاهتلاك.



الشكل 1.6: مخطط صندوقي لحساب اقتطاعات الاهتلاك وفقاً لنظام MACRS.

المثال 6-5

اشترت شـــركة آلةً جديدة لصناعة أنصاف النواقل ووضعتها في الخدمة. أساس الكلفة لهذه الآلة 100,000 $. حَدِّدْ:

(أ) مقدار الاهتلاك المسموح به للسنة الرابعة. (ب) القيمة المحاسبية BV في نهاية السنة الرابعة. (ج) الاهتلاك التراكمي حتـــى نهاية السنة الثالثة. (د) القيمة المحاسبية في نهاية السنة الخامسة إذا سُحِبَتْ الآلة من الاستخدام في ذلك التاريخ.

الحل

يتضّح من (الجدول 2.6) أن لمعدَّات تصنيع (الإلكترونيات) أنصاف النواقل فئة عمرية قدرها ست سنوات ومدة استرداد خمس سنوات وفقاً لنظام الاهتلاك العام (GDS). وتُطَبَّقُ معدَّلات الاسترداد الموضَّحة في (الجدول 3.6) على هذا المثال.

(آ) اقتطاع الاهتلاك أو حصة (سماح) استرداد الكلفة المسموح به في السنة الرابعة: $d_4 = 0.1152(\$100,000)=11,520\$$.

(ب) القيمة المحاسبية BV عند نهاية السنة الرابعة (BV_4) هي أساس الكلفة محسوماً منها أعباء الاهتلاك بدءاً من السنة الأولى حتـــى نهاية السنة الرابعة:

$$BV_4 = \$100,000 - \$\ 100,000\ (0.20 + 0.32 + 0.192 + 0.1152\ )$$
$$= \$\ 17,280$$

(ج) الاهتلاك التراكمي حتـــى نهاية السنة الثالثة، d_3^*، هو مجموع مبالغ الاهتلاك بدءاً من السنة الأولى وحتـــى نهاية السنة الثالثة:

$$d^*_3 = d_1 + d_2 + d_3$$
$$= \$100,000\ (0.20 + 0.32 + 0.192)$$
$$= \$71,200$$

(د) اقتطـــاع الاهتلاك في السنة الخامسة يساوي فقط 5,760 $ = ($100,000) · (0.1152) (0.5) عندما تُسحَبُ الآلة من الخدمة قبل السنة السادسة. وهكذا فإن القيمة المحاسبية BV في نهاية السنة الخامسة تساوي:

$$BV_4 - \$5,76 = \$11,520$$

يمكن، من المثال 6-5، أن نستنتج أنَّ المعادلة (14.6) صحيحة من وجهة نظر الشاري عند مبادلة الملكية (الأصل) بملكية من نفس الفئة والنوع:

أساس الكلفة = الكلفة النقدية الفعلية + القيمة المحاسبية عند المبادلة (14.6)

لتوضيح المعادلة (14.6) افرض أنَّ شركتك قامت بتشغيل ماسح يتعرف المحارف ضوئياً لمدة سنتين. قيمته المحاسبية حالياً $35,000 والقيمة العادلة له في السوق $45,000. تُفكِّرُ الشركة بشراء ماسح جديد كلفته $105,000. من الطبيعي أن تُبادل الماسح القديم بالماسح الجديد وتدفع للمورِّد $60,000. يصبح بالتالي أساس الكلفة (B) لحساب الاهتلاك مساوياً $95,000 = $35,000 + $60,000.[4]

المثال 6-6

في أيّار 1999 قامت شركة بتبديل حاسب وملحقاته، قيمته المحاسبية في ذلك التاريخ $25,000، بنظام حاسب أسرع وجديد قيمته العادلة في السوق $400,000. وحيث إنَّ المورِّد قَبِلَ المبادلة فاتُّفِق على أن تدفع الشركة $325,000 نقداً لقاء الحصول على نظام الحاسب الجديد.

(آ) ما هي فئة ملكية نظام الحاسب الجديد وفقاً لنظام الاهتلاك العام (GDS)؟

(ب) ما هي قيمة الاهتلاك التـــي يُمكن اقتطاعها في كلِّ عام بناءً على فئة العمر هذه؟ (راجع الشكل 1.6).

الحل

(آ) الحاسب الجديد كأصل ينتمي إلى الفئة 00.12 وله فئة عمرية ست سنوات (الجدول 2.6). أي إنَّ فئة ملكيته وفقاً لنظام الاهتلاك العام (GDS) ومدة استرداده تساوي خمس سنوات.

(ب) أساس الكلفة لهذه الملكية تساوي $350,000 وهي مجموع الثَّمن النقدي للحاسب $325,000 والقيمة المحاسبية المتبقية للحاسب القديم $25,000. (في هذه الحالة عوملت عملية التبادل كمعاملة غير خاضعة للضرائب)

[4] إن سعر مبادلة الماسح الضوئي هو 105-45 (وهو مساوٍ للكلفة الفعلية). تُحوِل المعادلة (6-15) دون المطالبة بأسس تكلفة مغالى فيها للأصول الجديدة الباهظة السعر مقارنة بسعر مبادلتها.

مدة الاسترداد حسب نظام الاهتلاك العام MACRS (GDS)	فئة العمر	أساس الكلفة	تاريخ الوضع في الخدمة	الملكية (الأصل)
خمس سنوات	ست سنوات	$350,000	أيار 1990	نظام الحاسب

اقتطاعات الاهتلاك	السنة
0.20 × $350,000 = $70,000	1999
0.32 × $350,000 = 112,000	2000
0.192 × $350,000 = 67,200	2001
0.1152 × $350,000 = 40,320	2002
0.1152 × $350,000 = 40,320	2003
0.0576 × $350,000 = 20,160	2004
المجموع = $350,000	

أخذت معدَّلات نظام الاهتلاك العام (GDS) ضمن نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS) المُطبَّقة على أساس الكلفة $350,000 من (الجدول 3.6). وقد بُنـي ضمن معدَّل اهتلاك السنة الأولى حصة (نصف عام)، وعلى هذا لا يوجد أي فرق إذا تمَّ الشراء في أيار 1999 بدلاً من الشراء في تشرين الثانـي 1999. يمكن حساب اقتطاعات الاهتلاك (d_k) لسنة 1999 حتـى سنة 2004 باستخدام العلاقة:

$$d_k = r_k \cdot B; \quad 1 \leq = k \leq = N + 1 \tag{15.6}$$

حيث r_k = معدَّل الاسترداد للسنة k (الجدول 3.6)

المثال 7-6

اشترى مُصنِّعٌ كبير لمنتجات صفائح فولاذية في منطقة وسط الغرب ووضع في الخدمة نظام تصنيع حديثاً وجديداً يُقادُ بواسطة الحاسب بقيمة $3.0 مليون دولار. وحيث إن الشركة لا يمكن أن تصبح رابحة إلا بعد وضع التكنولوجيا الجديدة في الخدمة لعدة سنوات، فقد اختارت الشركة استخدام نظام الاهتلاك البديل (ADS) ضمن نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS) لحساب اقتطاعات الاهتلاك. لذلك يمكنها إبطاء عملية اقتطاع حصص الاهتلاك أملاً في تأجيل ميِّزات ضريبة الدخل حتـى تصبح الشركة رابحة. ما هي اقتطاعات الاهتلاك التـي يمكن المطالبة بها للنظام الجديد؟

الحل

إنَّ مدة الاسترداد لُمصنِّع منتجات معدنية وفقاً لنظام الاهتلاك البديل (ADS) هي 12 سنة (الجدول 2.6). يُطبَّقُ عليها طريقة الخط المستقيم (SL) دون قيمة خلاص (SV) مع عُرف زمنـي قدره نصف سنة. أي إن الاهتلاك للسنة الأولى هو:

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\$3,000,000}{12}\right) = \$125,000$$

واقتطاعات الاهتلاك للسنة الثانية وحتـى السنة 12: $250,000 سنوياً، والاهتلاك في السنة 13 يساوي $125,000. لاحظ أنَّ عرف نصف السنة يُمَدِّدُ اقتطاعات الاهتلاك على 13 سنة ($N+1$).

5.6 مثال شامل عن الاهتلاك

نعالج فيما يلي أصلاً يُحسب اهتلاكه باستخدام الطرق التقليدية والطرق المُستَخْدَمة في نظام الاهتلاك العام (GDS) ضمن نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل (MACRS) التـــي ناقشناها سابقاً. يجب أن نلاحظ بدقة الفروق بين آليات كل طريقة، وكذلك الفروق في مبالغ الاهتلاك السنوية ذاتها. وأيضاً، نقارن القيم الحالية حين $k = 0$ للطرق المختارة لحساب الاهتلاك عندما يكون MARR = 10% سنوياً. وكما سنرى لاحقاً في هذا الفصل أنَّ طرق حساب الاهتلاك التـــي تعطي قيماً حالية أكبر (قيم حالية لمبالغ الاهتلاك) مفضَّلة لدى الشركة التـــي ترغب في تخفيض القيمة الحالية *لضرائب دخلها التـــي تدفع للدولة*.

المثال 8-6

قررت شركة لاسال La Salle للباصـــات شراء باص جديـــد بقيمة $85,000 مع مبادلته بباصهـــا القديم. القيمة المحاسبية للباص القديم BV = $10,000 عند تاريخ المبادلة. وستحتفظ الشركة بالباص الجديد لمدة 10 سنوات قبل بيعه. وقُدِّرَتْ قيمة الخلاص للباص الجديد عند بيعه بـــ $5,000.

أولاً: يجب حساب أساس الكلفة للباص الجديد ويساوي ثمن الشراء الأصلي للباص إضافة إلى القيمة المحاسبية للباص القديم (المعادلة 15.6). لذا فإنَّ أساس الكلفة هو $85,000 + $10,000 أو $95,000. نبحث في (الجدول 2.6)، فنجد أنَّ الباصات هي أصول من الفئة 00.23. ومن فئة عمرية قدرها تسع سنوات يُحسَبُ اهتلاكها وفقاً للطرق التقليدية التـــي نوقِشَتْ في الفقرة 3.6 بمدة استرداد حسب نظام الاهتلاك العام (GDS) قدرها خمس سنوات.

الحل: بطريقة الخط المستقيم SL

نستخدم في طريقة الخط المستقيم SL فئة عمر قدرها تسع سنوات برُغم أنَّ الباص سيُحتَفَظُ به لمدة عشر سنوات. فباستخدام المعادلات (2.6) و(4.6) نحصل على المعلومات التالية:

$$d_k = \frac{\$95,000 - \$5,000}{9 \text{ أعوام}} = \$10,000 \quad \text{حيث} \quad k = 1 \text{ to } 9$$

طريقة الخط المستقيم SL		
نهاية السنة k	d_k	BV_k
0	——	$95,000
1	$10,000	85,000
2	10,000	75,000
3	10,000	65,000
4	10,000	55,000
5	10,000	45,000
6	10,000	35,000
7	10,000	25,000
8	10,000	15,000
9	10,000	5,000

لاحظ أنَّه لم يُحَدَّد أي اهتلاك بعد السنة التاسعة لأنَّ فئة العمر كانت فقط تسع سنوات. ولاحظ أيضاً أنَّ القيمة

المحاسبية النهائية BV تساوي قيمة الخلاص المُقدَّرة، وستبقى القيمة المحاسبية تساوي $5,000 حتـــى تاريخ بيع الباص.

الحل: بطريقة الرصيد المتناقص DB

سنستخدم لشرح هذه الطريقة معادلات رصيد متناقص 200%. وبواسطة المعادلات (6.6) و(8.6) نحسب ما يلي:

$$R = 2/9 = 0.2222$$

$$d_1 = \$95,000(0.2222) = \$21,111$$

$$d_5 = \$95,000(1\text{-}0.2222)^{5-1}(0.2222) = \$7,726$$

$$BV_5 = \$95,000(1\text{-}0.2222)^5 = \$27,040$$

طريقة الرصيد المتناقص 200DB%

نهاية السنة k	d_k	BV_k
0	——	$95,000
1	$21,111	73,889
2	16,420	57,469
3	12,771	44,698
4	9,932	34,765
5	7,726	27,040
6	6,009	21,031
7	4,674	16,357
8	3,635	12,722
9	2,827	9,895

الحل بطريقة مجموع أرقام السنوات

سنستخدم مرة أخرى تسع سنوات كفئة عمرية k. إن مبالغ الاهتلاك وفقاً لطريقة مجموع أرقام السنوات SYD هي كما يلي:

نهاية السنة k	رقم السنة بترتيب عكسي	عامل الاهتلاك بطريقة مجموع أرقام السنوات SYD	$d_k = (B - SV_N)$* العامل	القيمة المحاسبية BV_K
0	——	——	——	$95,000
1	9	9/45	$18,000.00	77,000
2	8	8/45	16,000.00	61,000
3	7	7/45	14,000.00	47,000
4	6	6/45	12,000.00	35,000
5	5	5/45	10,000.00	25,000
6	4	4/45	8,000.00	17,000
7	3	3/45	6,000.00	11,000
8	2	2/45	4,000.00	7,000
9	1	1/45	2,000.00	5,000
	المجموع = 45			

باستخدام المعادلات (10.6) و(11.6) نحسب ما يلي:

$$d_5 = (\$95,000 - \$5,000)\left[\frac{2(9-5+1)}{9(9+1)}\right] = \$10,000;$$

$$BV_5 = \$95,000 - \frac{2(\$95,000 - \$5,000)}{9}(5) + \frac{(\$95,000 - \$5,000)5(5+1)}{9(9+1)} = \$25,000.$$

الحل بطريقة الرصيد المتناقص DB مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL لحساب الاهتلاك

لتوضيح آليات (الجدول 1.6) لهذا المثال، نُحَدّد أولاً أنّ اهتلاك الباص يُحسَب بطريقة الرصيد المتناقص 200% ($R = 2/N$). ولما كانت طرائق الرصيد المتناقص لا تصل نهائياً إلى قيمة محاسبية BV تساوي الصفر، فسنفترض أننا نحدد الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم SL لنضمن قيمة محاسبية BV قدرها $5,000 عند نهاية فئة عمر الحافلة وقدرها تسع سنوات.

نهاية السنة k	القيمة المحاسبية BV في بداية السنة	طريقة الرصيد المتناقص 200% DB	طريقة الخط المستقيم SL ($BV_9 = \$5,000$)	مبلغ الاهتلاك المختار
1	$95,000	$21,111	$10,000	$21,111
2	73,889	16,420	8,611	16,420
3	57,469	12,771	7,496	12,771
4	44,698	9,933	6,616	9,933
5	34,765	7,726	5,953	7,726
6	27,040	6,009	5,510	6,009
7	21,031	4,674	5,344	5,344[a]
8	15,687	3,635	5,344	5,344
9	10,344	2,827	5,344	5,344

a حصل التبدّل في السنة السابعة.

الحل بطريقة نظام الاهتلاك العام ضمن نظام استرداد الكلفة المسرّع والمعدّل (GDS) (MACRS) مع عرف زمنـــي نصف سنة

سنُعَدّل مسألة شركة La Salle لشرح طريقة نظام الاهتلاك العام (GDS) بعرف زمنـــي نصف سنة بحيث يُباعُ الباص الآن في السنة الخامسة في الجزء (آ)، وفي السنة السادسة في الجزء (ب).

(آ) بيع الباص في السنة الخامسة

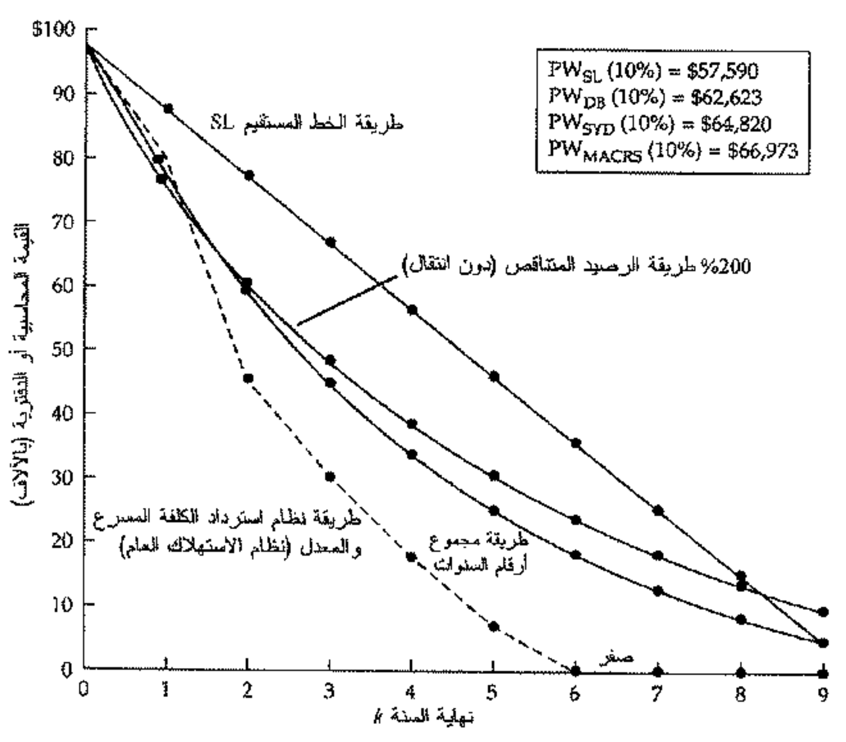
نهاية السنة k	العامل	d_k	BV_k
0	——	——	$95,000
1	0.2000	$19,000	76,000
2	0.3200	30,400	45,600
3	0.1920	18,240	27,360
4	0.1152	10,944	16,416
5	0.0576	5,472	10,944

(ب) بيع الباص في السنة السادسة

نهاية السنة k	العامل	d_k	BV_k
0	——	——	$95,000
1	0.2000	$19,000	76,000
2	0.3200	30,400	45,600
3	0.1920	18,240	27,360
4	0.1152	10,944	16,416
5	0.1152	10,944	5,472
6	0.0576	5,472	0

لاحظ أنّه عند بيعنا للباص في السنة الخامسة قبل انتهاء مدة الاسترداد، اعتمدنا فقط نصف الاهتلاك العادي. ولم يتغيّر الاهتلاك لباقي السنوات (السنة الأولى حتـــى الرابعة). وعند بيعنا للباص في السنة السادسة، عند نهاية مدة الاسترداد، لم نُقسّم مبلغ اهتلاك السنة الأخيرة على اثنين.

يوضّح (الشـــكل 2.6) مقارنة بين طرق حســـاب اهتلاك مُختارة، وموضّحة في المثال 6-8. إضافـــة إلى ذلك، يبيّن (الشكل 2.6) القيمة الحالية (10%) PW لكلّ من هذه الطرق. ويتضح أنّ طريقة نظام استرداد الكلفة المســـرّع والمعدّل (MACRS) مغرية جداً للشركات الرابحة، لأنّ القيم الكبيرة للقيمة الحالية لاقتطاعات الاهتلاك هي بوجه عام جذابة.



الشكل 2.6: مقارنات القيمة المحاسبية BV لطرق مختارة للاهتلاك في المثال 6-8 (ملاحظة: افترِضْ أن الباص يباع في السنة 6 في حالة طريقة MACRS-GDS).

6.6 النضـــوب

يُستَخدَمُ مصطلح النضوب، عند استهلاك الموارد الطبيعية في إنتاج السلع والخدمات، للإشارة إلى الانخفاض الحاصل

في القيمة الأساس للموارد. فهذا المصطلح شائع الاستخدام في مجال المناجم وآبار النفط والغاز ومناطق الأخشاب وغيرها.
تتوفر في أيّ جزء من ملكية (أصل) منجمية، كمية محدودة من الفلذات أو النفط أو الغاز، وكلّما استُخرِجَ وبيع جزءٌ من المورد يتناقص احتياطي هذا المورد وتتناقص معه بشكل طبيعي قيمة هذه الملكية (الأصل).

يوجَدُ فرق في طريقة الاسترداد نتيجة النضوب وفي طريقة الاسترداد نتيجة الاهتلاك. فالملكية (الأصل)، في حالة الاهتلاك، تُبدَل عادة بملكية مماثلة عندما تصبح مستهلكة بالكامل. في حين يكون هذا الاستبدال مستحيلاً في حالة نضوب المورد التعدينـــي أو نضوب أي مورد طبيعي آخر. فعندما يُستَخرَجُ الذهب من المنجم والنفط من بئر النفط لا يمكن تعويضه.

وهكذا يُطبَّق مبدأ صيانة رأس المال في مجال التصنيع والأعمال الأخرى التـــي يقع فيها اهتلاك، والمبالغ التـــي تُحَمَّلُ كمصاريف اهتلاك يُعادُ استثمارها في معدات جديدة فتستمرُّ الأعمال لأجل غير محدود. من ناحية أخرى، لا يمكن استخدام المبالغ المُحَمَّلة على أنها نضوب، في حالة صناعة التعدين والاستخراج من المناجم، لتعويض المورد الطبيعي المبيع. وبذلك تخرج الشركة تدريجياً من مجال الأعمال كلّما مارست نشاطاتها الطبيعية. وتدفع مثل هذه الشركات للمالكين كل عام المبالغ المُستردة لقاء النضوب. حيث تتألف المدفوعات السنوية للمالكين من جزئيين: (1) الربح المُحَقَّق و(2) الجزء المُسترد من رأس مال المالك كنضوب. إذا استُهلِك، في مثل هذه الحالات، المورد الطبيعي بالكامل تصبح الشركة عاطلة عن العمل وتصبح الأسهم التـــي بحوزة المساهمين نظرياً لا قيمة لها، إلاّ أنَّ رأس مال المساهمين يكون قد استُردّ بالكامل في ذلك الحين.

تُستَخدَمُ أموال النضوب، في كثير من الأعمال الخاصة بالموارد الطبيعية، للحصول على ملكيات (أصول) جديدة مثل مناجم جديدة وملكيات مُنتجة للنفط، وهذا يعطي استمرارية للشركة أو لمشاريع أعمالها.

تُوجدُ طريقتان لحساب حصص النضوب: (1) طريقة الكلفة و(2) طريقة النسبة المئوية. تُعَدُّ طريقة الكلفة واسعة الانتشار، حيث تُطبَّقُ على جميع أنواع الملكية (الأصول) الخاضعة لحسابات النضوب. وتُحَدَّدُ، وفق طريقة الكلفة، وحدة *النضوب a depletion unit* عن طريق تقسيم أساس الكلفة المعدَّل للملكية (أصل) على عدد الوحدات الباقية التـــي ستُستَخرَجُ أو تُحصَدُ (الوحدة قد تكون قدماً من الخشب، طناً من فلذ... الخ). ثمّ يُحسَبُ الاقتطاع (حصة النضوب)، لسنة ضريبية معيّنة، عن طريق جداء عدد الوحدات *المبيعة* خلال تلك السنة بوحدة النضوب بالدولار.

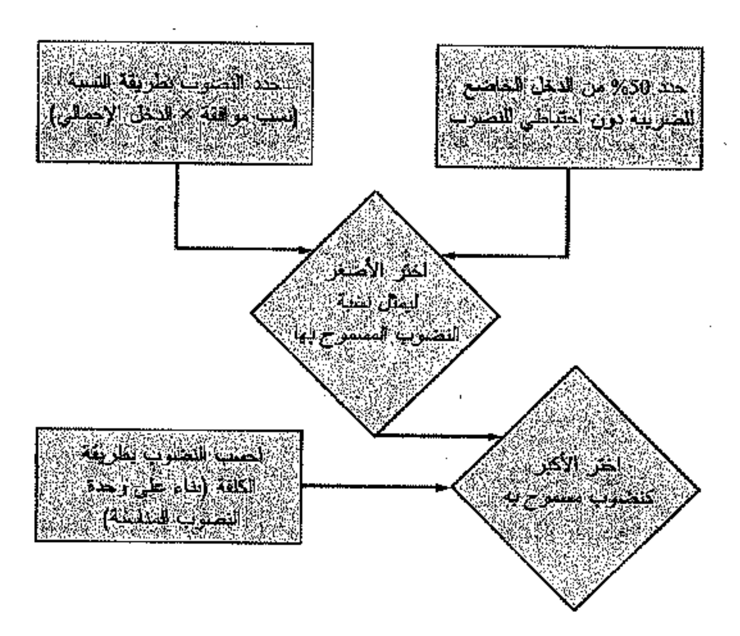
يُنســى النضوب أيضاً، في الممارسة العملية، على نسبة من الدخل السنوي وفقاً لقواعد مؤسسة العائد الداخلي IRS، وتُحسَبُ حصص (سماحات) النضوب للمناجم والمخازن الطبيعية الأخرى متضمنة المخازن الحرارية الباطنية geothermal deposits كنسبة من الدخل الإجمالي، شرط أن لا يتجاوز المبلغ المُحَمَّل كنضوب 50% من الدخل الصافي (100% لأصول النفط والغاز) قبل اقتطاع حصة النضوب. يمكن استخدام طريقة النسبة لأغلب أنواع المناجم التعدينية وللمخازن الحرارية الباطنية ولمناجم الفحم ولا تُستَخدَم لمخازن الأخشاب. وبوجه عام، لا يُسمَحُ باستخدام طريقة النسبة للنفط والغاز ما عدا بعض أنواع الإنتاج المحلي من النفط والغاز. توضّح المعلومات التالية بعض الأمثلة عن احتياطات النضوب[5] بطريقة النسبة:

– الكبريت واليورانيوم والموارد المستخرجة محلياً مثل الرصاص والزنك والنيكل والأسبستوس %22

[5] اشترعتْ مؤسسة العائد الداخلي IRS سماحات النضوب، ويمكن تعديلها تبعاً للتشريعات الحديثة لضريبة الدخل الاتحادية.

- الذهب، والفضة، والنحاس، وفلز الحديد، والحجر الزيتـــي وآبار المياه الحارّة في الولايات المتحدة 15%
- الفحم والفحم الحجري وكلور الصوديوم 10%
- الغضار، والبحص، والرمل والحجر 5%

يمكن أن يكون المبلغ الإجمالي المُحَمَّل كنضوب على مدار عمر الملكية (الأصل) وفقاً لهذه الإجراءات أكبر من الكلفة الأساسية للأصل. فعند تطبيق طريقة النسبة على أصل يجب حساب حصص النضوب باستخدام كلٍّ من طريقة الكلفة وطريقة النسبة المئوية. وتُعتمَدُ الحصة الكبرى وتُستَخدَم لتخفيض أساس كلفة الملكية (الأصل) بهدف إعادة تحديد وحدة النضوب عند الحاجة. يوضّح (الشكل 3.6) مخططاً منطقياً لتحديد نسبة أو كلفة النضوب المسموح استخدامها في سنة ضريبيّة مُحدَّدة. ويبيّن المثال 9-6 طريقة الكلفة لتحديد حصة النضوب.



الشكل 3.6: مخطط منطقي لتحديد نسبة أو كلفة النضوب المسموح استخدامها.

المثال 9-6

اشترت شركة WGS Zinc حديثاً قطعة أرض بمبلغ قدره $2,000,000 تحوي فلزاً يُقَدَّر مخزونه القابل للاستخراج 500,000 طن.

(آ) إذا استُخرِجَ خلال السنة الأولى 75,000 طن من الفلز، وبيعَ منه 50,000 طن، ما هي حصة النضوب للسنة الأولى؟

(ب) لنفرض أنّه أعيدَ تقييم المخزون في نهاية السنة الأولى فتبيَّن أنّه يساوي 400,000 طن. فإذا بيعَ في السنة الثانية كمية قدرها 50,000 طن إضافية، ما هي حصة النضوب للسنة الثانية؟

الحل

(آ) إن وحدة النضوب تساوي: $2,000,000/500,000 ton = $4.00 per ton. وحصة النضوب للسنة الأولى، بناء على الوحدات المبيعة، يساوي: 50,000 ton ($ 4.00/ton) = $200,000.

(ب) يصبح أساس الكلفة المعدَّل في بداية السنة الثانية مساوياً: $2,000,000 - $200,000 = $1,800,000. وتصبح وحدة

النضوب: $1,800,000 /400,000 ton = $4.50/ton. وحصة النضوب للسنة الثانية: 50,000 ton ($4.50/ton) = $225,000.

7.6 مقدّمة في ضرائب الدخل

لم نتطرق، حتى الآن، في نقاشنا لمواضيع الاقتصاد الهندسي إلى ضريبة الدخل، إلاّ فيما يخصّ تأثير الاهتلاك وأنواع أخرى من الاقتطاعات. وتجنباً لتعقيد دراساتنا بتأثيرات ضريبة الدخل ركّزنا على المبادئ الأساسية والطريقة المنهجية للاقتصاد الهندسي. ولكن تُوجَدُ في مسألة استثمار رأس المال مشاكل أساسية متنوعة تؤثّر فيها ضريبة الدخل على الخيار بين مجموعة من البدائل.

سنهتمُّ، في بقية هذا الفصل، بكيفية تأثير ضرائب الدخل على التدفقات النقدية التقديرية للمشروع. ففي مراحل تقييم المشاريع الهندسية، تُؤخَذُ عادة ضرائب الدخل الناجمة عن العمل الرابح لشركة ما بالحسبان. والسبب في ذلك بسيط جداً. فضرائب الدخل المُرتبطة بمشروع مقترح تشكّل تدفقاً نقدياً رئيسياً خارجاً يجب أخذه بالحسبان مع التدفقات النقدية الداخلة والخارجة في تقدير الربحية الاقتصادية الإجمالية لهذا المشروع.

تُوجد ضرائب أخرى سترد في الفقرة 1.7.6 غير مرتبطة مباشرة بطاقة توليد الدخل لمشروع جديد، إلاّ أنّ هذه الضرائب تُهملُ عادة عند مقارنتها بضرائب الدخل المحلية والفيدرالية. *فعندما تُؤخذُ الأنواع الأخرى من الضرائب في دراسات الاقتصاد الهندسي بالحسبان، تُحسمُ هذه الضرائب من العائد، كأيّ مصروف آخر للتشغيل، عند تحديد التدفق النقدي قبل حسم الضرائب الذي تطرقنا إليه في الفصل الرابع والفصل الخامس.*

يتوضّح الغموض وراء حساب ضرائب الدخل، المعقّد أحياناً، حين ندرك أن ضرائب الدخل المدفوعة هي نوع آخر من النفقات (المصاريف)، إلاّ أنّ ضرائب الدخل الموفّرة (نتيجة الاهتلاك، والمصاريف، واعتمادات الضريبة المباشرة) مماثلة تماماً للأنواع الأخرى من المصاريف المخفّضة (مثل التوفير في مصاريف الصيانة).

بوجه عام، يمكن بسهولة فهم وتطبيق المبادئ الأساسية لأنظمة وقوانين ضريبة الدخل المحلية والفيدرالية التي تنطبق على التحليلات الاقتصادية لاستثمارات رأس المال. إنّ نقاشنا الحالي لضرائب الدخل لا يُمثّل معالجة شاملة للموضوع، وإنّما يهدف إلى استخدام بعض الشروط الهامة لقانون إصلاح الضريبة الفيدرالية لعام federal Tax Reform Act of 1986 (TRA 86) وتبيان الخطوات العامة لحساب التدفق النقدي الصافي بعد حسم الضرائب net After Tax Cash Flow (ATCF) لمشروع هندسي والقيام بالتحليل الاقتصادي بعد حسم الضرائب. ويتضمّن هذا الفصل التغيرات الهامة في قانون إصلاح الضريبة الفيدرالية (TRA 86) التي فرضها قانون تسوية الميزانية العمومية لعام 1993 Omnibus Budget Reconciliation Act of 1993 (OBRA 93) وقانون إعفاء دافع الضريبة لعام 1997 (Taxpayer Relief Act of 1997).

1.7.6 التمييز بين أنواع مختلفة من الضرائب

قبل التطرق إلى تأثيرات ضرائب الدخل في دراسات الاقتصاد الهندسي نحتاج إلى التمييز بين ضرائب الدخل وأنواع أخرى متعددة من الضرائب:

1. *ضرائب الدخل* وتُقدّر كتابع للعوائد الإجمالية مطروحاً منها الاقتطاعات المسموح به. وتُجبى هذه الضرائب من قبل

الحكومات الفيدرالية ومعظم الحكومات المحلية وأحياناً من قبل السلطات البلدية.

2. *ضرائب الملكية (الممتلكات)* وتُقدَّر كتابع لقيمة الملكية (الأصل) المُمتلكة مثل الأرض، الأبنية، المعدات... الخ، وكتابع للمعدَّلات الضريبية المطبَّقة. وضرائب الملكية (الأصول) هذه هي ضرائب مستقلة عن دخل أو ربح الشركة وتُجبـى من قبل الحكومات المحلية أو سلطات المدينة أو البلدية.
3. *ضرائب المبيعات* وتُقدَّر على أساس شراء السلع والخدمات وهي بذلك مستقلة عن الدخل أو الأرباح الإجمالية. وتُجبـى عادة من قبل الحكومات المحلية أو سلطات المدينة أو البلدية. وتقتصر علاقة هذه الضرائب في دراسات الاقتصاد الهندسي فقط في أنّها تُضاف إلى كلفة البنود المشتراة.
4. *ضرائب الإنتاج* وهي ضرائب فيدرالية تُقدَّر كتابع لمبيع سلع وخدمات معيّنة تُعَدُّ غير ضرورية، إي إنها ضرائب مستقلّة عن دخل أو ربح الأعمال. وبالرغم من أنّها تُفرضُ على المُصنِّع أو المُورِّد الرئيسي للسلع والخدمات، فإن جزءاً منها ككلفة يُحمَّلُ للشاري ضمن سعر المبيع.

وتُمثِّلُ ضرائب الدخل عادة أهم نوع من الضرائب التـي تُؤخذُ بالحسبان في تحاليل الاقتصاد الهندسي.

2.7.6 المعدَّلات الجذابة (المفضّلة) الدنيا للعائد قبل حسم الضرائب

تعاملنا في الفصول السابقة مع ضرائب الدخل، عموماً، وكأنّها غير مُطبَّقة، أو أخذناها بالحسبان باستخدام المعدَّلات المفضَّلة (الجذابة) الدنيا للعائد MARR قبل حسم الضرائب، وهي أكبر من المعدَّلات المفضَّلة الدنيا للعائد MARR بعد حسم الضرائب. ويمكن من العلاقة التالية، الحصول على تقريب لتطلبات المعدَّلات المفضَّلة الدنيا للعائد قبل حسم الضرائب، يتضمن تأثير ضرائب الدخل، في الدراسات التـي تنطوي فقط على تدفقات نقدية قبل حسم الضرائب:

المعدَّل المفضَّل الأدنـى للعائد MARR قبل حسم الضرائب (1 – معدَّل ضريبة الدخل المُطبَّق) ≅ المعدَّل المفضَّل الأدنـى للعائد بعد حسم الضرائب.

أي إنَّ:

$$\text{المعدَّل المفضَّل الأدنـى للعائد قبل حسم الضرائب} \approx \frac{\text{المعدَّل المفضَّل الأدنى للعائد بعد حسم الضرائب}}{\text{(1– معدل ضريبة الدخل المُطبَّق (الفعلي)}} \qquad (16.6)$$

وستتطرق الفقرة 8.6 إلى تحديد معدَّل ضريبة الدخل المُطبَّق (الفعلي) على شركة.

يصبح هذا التقريب مطابقاً إذا كان الأصل غير خاضع للاهتلاك، ولا يُوجد أيُّ ربح أو خسارة عند الخلاص، ولا توجد أي مؤن ضريبية، أو أي أنواع أخرى من الاقتطاعات. وإلاّ فإن هذه العوامل تؤثر على مبلغ وتوقيت دفعات ضريبة الدخل، وستتضمن العلاقة الموضحة في المعادلة (16.6) درجة من الخطأ.

3.7.6 دخل المؤسّسات الخاضع للضريبة (شركات أعمال)

يجب على الشركة، عند نهاية كل سنة ضريبية، أن تحسب دخلها أو خسارتها الصافية (الخاضع للضريبة) قبل حسم الضريبة، وتتضمّن هذه العملية خطوات عديدة، تبدأ بحساب *الدخل الإجمالي*. ثم قد تَحسم الشركة من الدخل الإجمالي جميع مصاريف التشغيل العادية والضرورية متضمنة الفوائد *ماعدا الاستثمارات الرأسمالية*. ويُسمح باقتطاعات الاهتلاك في كل مجال ضريبـي كوسيلة لاسترداد رأس المال المستثمر بأسلوب منهجي ومنتظم. لذا يمكن أن تُستخدم الاقتطاعات

والمصاريف المسموح بها في تحديد الدخل الخاضع للضريبة:

الدخل الخاضع للضريبة = الدخل الإجمالي – جميع المصاريف ما عدا الاستثمارات الرأسمالية – اقتطاعات الاهتلاك (النضوب). (17.6)

ويُشار إلى الدخل الخاضع للضريبة أيضاً *بالدخل الصافي قبل حسم الضرائب* (NIBT) *net income before taxes*. وعندما تُحسم ضرائب الدخل يُدعى الباقي *بالدخل الصافي بعد حسم الضرائب* (NIAT) *net income after taxes*. وصفوة القول:

الدخل الصافي بعد حسم الضرائب = [الدخل الصافي قبل حسم الضرائب (NIBT)] – ضرائب الدخل (18.6)

المثال 6-10

تُحقق شركة دخلاً إجمالياً خلال سنتها الضريبية قدره: $1,500,000 وتتحمل مصاريف تشغيل قدرها $800,000. تبلغ مدفوعات الفوائد على رأس المال المقترض $48,000. فإذا كانت الاقتطاعات الكليّة للاهتلاك للسنة الضريبية تساوي $114,000، فما هو الدخل الصافي الخاضع للضريبة (NIBT) لهذه الشركة؟

الحل

بناءً على المعادلة (17.6) فإن دخل الشركة الخاضع للضريبة للسنة الضريبية يساوي:

$1,500,000 - $ 800,000 - $48,000 - $114,000 = $538,000

8.6 المعدّل الفعّال (الحدّي) لضريبة دخل الشركات

يُبيّن (الجدول 5.6) بنية معدّلات ضريبة الدخل الفيدرالية لدخل الشركات، حيث تقع قيمة معدّل الضريبة الفيدرالية الحدّي كحد أدنى بين 15% و39% وفقاً للشريحة التي يقع فيها دخل الشركة الخاضع للضريبة في السنة الضريبية. نلاحظ في هذا الجدول أن معدّل الضريبة الوسطي الموزون weighted average tax rate لدخل خاضع للضريبة قدره: $335,000 يساوي 34% ومعدّل الضريبة الوسطي الموزون لدخل خاضع للضريبة قدره: $18,333,333 يساوي 35%. أي إذا كان لشركةٍ ما دخلٌ خاضع للضريبة في سنة ضريبية أكبر من $18,333,333، فإن الضرائب الفيدرالية تُحسب باستخدام معدّل ثابت قدره: 35%.

الجدول 5.6: معدلات ضريبة الدخل الفيدرالية للشركات لسنة 2001

إذا كان الدخل الخاضع للضريبة		فإن الضريبة	
أكثر من	ليس أكثر من		على المبلغ الذي تجاوز الشرعية
0	$50,000	15%	0
$50,000	75,000	$7,500 + 25%	$50,000
75,000	100,000	13,750 + 34%	75,000
100,000	335,000	22,250 + 39%	100,000
335,000	10,000,000	113,900 + 34%	335,000
10,000,000	15,000,000	3,400,000 + 35%	10,000,000
15,000,000	18,333,333	5,150,000 + 38%	15,000,000
18,333,333	....	6,416,667 + 35%	18,333,333

المصدر: معلومات ضريبية على الشركات منشورات IRS تحت الرقم 542، 1994.

المثال 11-6

لنفرض أن شركة حقّقت في سنة ضريبية دخلاً إجمالياً $5,270,000 ودفعت مصاريف (ما عدا المصاريف الرأسمالية) $2,927,500 واقتطعت للاهتلاك $1,874,300. ما هو دخلها الخاضع للضريبة؟ وما هي ضريبة الدخل الفيدرالية لهذه السنة الضريبية وفقاً للمعادلة (17.6) و(الجدول 5.6)؟

الحل

الدخل الخاضع للضريبة = الدخل الإجمالي – مصاريف – اقتطاعات الاهتلاك

= $5,270,000 - $2,927,500 - $1,874,300

= $468,200

ضريبة الدخل = 15% على $50,000 الأولى	$7,500
+ 25% على $25,000 التالية	6,250
+ 34% على $25,000 التالية	8,500
+ 39% على $235,000 التالية	91,650
+ 34% على $133,200 التالية	45,288
المجموع	$159,188

إن العبء الضريبي في هذه الحالة يساوي: $159,188. ويُمكننا، كملاحظة إضافية، أن نستخدم في هذا المثال معدّلاً ثابتاً قدره 34% لأنّ معدّل الضريبة الفيدرالية الوسطي الموزون لدخل خاضع للضريبة قدره $335,000 يساوي 34%، والباقي: $133,200 من الدخل الخاضع للضريبة فوق المبلغ: $335,000 يقع ضمن الشريحة الضريبية 34% (الجدول 5.6) أي يكون لدينا $159,188 = ($468,00)0.34.

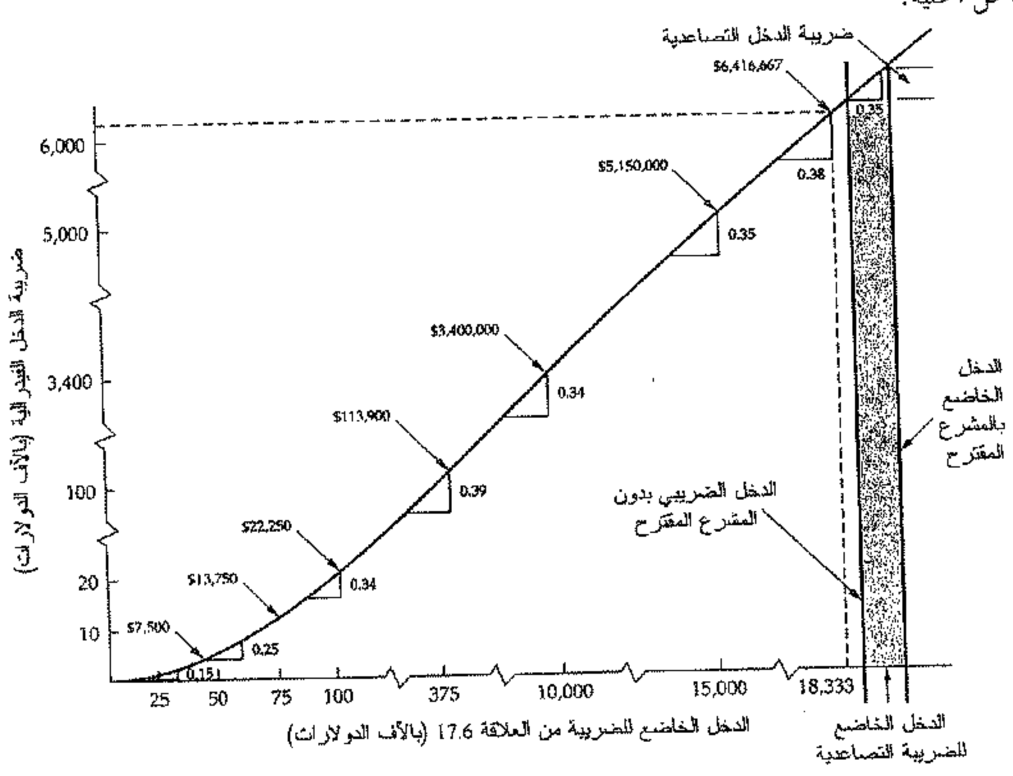
ومع أنّ أنظمة وقوانين الضرائب في معظم الولايات (وفي بعض البلديات)، بما يخص ضرائب الدخل، لها نفس الميّزات الأساسية المتوفرة في الأنظمة والقوانين الفيدرالية، فهناك فروق جوهرية في معدّلات ضريبة الدخل. فضرائب الدخل المحليّة في الولاية، وفي معظم الحالات، أقلّ بكثير من الضرائب الفيدرالية، وعادة يمكن تقريبها ضمن مجال يقع بين 6% و12% من الدخل الخاضع للضريبة. لن نتطرق هنا إلى تفاصيل ضرائب الدخل المحلية. ولكن لتوضيح عملية حساب المعدّل الفعّال لضريبة الدخل (t) لشركة كبيرة آخذين بالحسبان كلاً من ضرائب الدخل المحليّة والفيدرالية، لنفترض أنّ معدّل ضريبة الدخل الفيدرالية المُطبّق 35% ومعدّل ضريبة الدخل المحليّة 8%. لنفترض أيضاً وجود الحالة العامة التي يُحسبُ فيها الدخل الخاضع للضريبة بنفس الطريقة لكلا النوعين من الضرائب، ما عدا أنّ ضرائب الدخل المحليّة تُحسمُ من الدخل الخاضع للضريبة المُحدَّد لحسم الضرائب الفيدرالية. إلاّ أنّ ضرائب الدخل الفيدرالية لا تُحسم من الدخل الخاضع للضريبة والمُحدَّد لحسم الضرائب المحليّة. بناءً على هذه الافتراضات تُصبح الصيغة العامة للمعدّل الفعّال لضريبة الدخل على النحو التالي:

t = المعدل المطبق في الولاية + المعدل الفيدرالي (1 – معدّل ضريبة الدخل المحليّة) (6.19)

ويصبح المعدّل الفعّال لضريبة الدخل للشركة لهذا المثال:

$$t = 0.08 + 0.35\,(1 - 0.08) = 0.402 \approx 40\%$$

سنستخدم في هذا الفصل، مراراً، معدَّلاً فعَّالاً تقريبياً لضريبة دخل الشركات قدره 40% تقريباً كقيمة تتضمن ضرائب الدخل المحلية.



الشكل 4.6: معدلات ضريبة الدخل الفيدرالية للشركات (الجدول 5.6) مع ضريبة الدخل التصاعدية لمشروع مقترح (يُفترض في هذه الحالة أن دخل الشركة الخاضع للضريبة ما عدا المشروع أكبر من $18,333,333).

يُمثِّل المعدَّل الفعَّال لضريبة الدخل على الدخل التصاعدي الخاضع للضريبة عاملاً مهماً في دراسات الاقتصاد الهندسي. ويوضِّح هذا المفهوم (الشكل 4.6) الذي يربط بين معدَّلات ضريبة الدخل الفيدرالية وبين الشرائح المبيَّنة في (الجدول 5.6)، حيث يبين العلاقة بين الدخل التصاعدي الخاضع للضريبة وبين ضرائب الدخل في مشروع هندسي مقترح. ففي هذه الحالة، يفترض أنَّ دخل الشركة الخاضع للضريبة في سنتها الضريبية أكبر من $18,333,333. ويُطبَّق هذا المفهوم على شركة أصغر لها دخل أصغر كما هو موضَّح في المثال 6-12.

المثال 6-12

تتوقع شركة صغيرة في سنتها الضريبية تحقيق دخل سنوي خاضع للضريبة قدره: $45,000. وتخطِّط الشركة توظيف مبلغ $100,000 كاستثمار رأسمالي إضافي في مشروع هندسي تتوقع منه تدفقاً نقدياً إضافياً صافياً (عوائد حُسم منها المصاريف) قدره $35,000، و$20,000 كاقتطاع سنوي إضافي للاهتلاك. ما هو عبء ضريبة الدخل الفيدرالية للشركة: (آ) بدون الاستثمار الرأسمالي الإضافي؟ (ب) مع الاستثمار الرأسمالي الإضافي؟

الحل

(آ) *ضرائب الدخل*	*المعدل*	*المبلغ*
على أول $45,000	%15	$6,750
	المجموع	%6,720

(ب)	*الدخل الخاضع للضريبة* قبل الاستثمار الإضافي		$45,000
	+ التدفق النقدي الصافي الإضافي		+35,000
	– اقتطاع الاهتلاك		<u>–20,000</u>
		المجموع الصافي	$60,000
	ضرائب الدخل على مبلغ $60,000	*المعدل*	*المبلغ*
	على أول $50,000	%15	$7,500
	على المبلغ $10,000 التالي	%25	<u>2,500</u>
		المجموع	$10,000

إنّ زيادة العبء لضريبة الدخل نتيجة للاستثمار الإضافي تساوي: $3,250 = $6,750 - $10,000.

يمكن تَحديد التغيّر في العبء الضريبـــي باستخدام الطريقة التصاعدية. فمثلاً، ينطوي المثال الذي بين أيدينا على تغير في الدخل الخاضع للضريبة من $45,000 إلى $60,000 نتيجة للاستثمار الجديد. لذا يمكن حساب التغيّر في ضرائب الدخل للسنة الضريبية كما يلي:

أولاً: $50,000 – $45,000 = $5,000 بمعدل 15% = 750 $

ثانياً: $60,000 – $50,000 = $10,000 بمعدل 25% = <u>$2,500</u>

المجموع $ 3,250

ويُحسب وسطي معدَّل ضريبة الدخل الفيدرالية على مبلغ الدخل الإضافي الخاضع للضريبة والبالغ $20,000 – $35,000 = $15,000 كما يلي: 21 0.2167 = ($15,000 / $3,250) أو 21.67%

إضافة إلى تخفيض المعدَّل الأعظمي للضريبة على دخل الشركة الخاضع للضريبة من 46% إلى 35%، فقد فَرض قانون الإصلاح الضريبـــي لعام 1986 (TRA 86) نظام *الضريبة الدنيا البديل* Alternative Income Tax (AMT) ليضمن أنّ أيّ شركة ذات دخل اقتصادي تدفع الحد الأدنـى من ضريبة الدخل الفيدرالية. فجميع الشركات، حالياً، مُلزمة بحساب التزاماتها تجاه ضريبة الدخل كما هو موضّح في هذه الفقرة، ومُلزمة أيضاً بحساب الضريبة الدنيا وفقاً لمجموعة معقّدة من القواعد خارج نطاق نقاشنا لهذا الموضوع.

حالياً تدفع الشركات *الحدّ الأعظمي* لضريبة الدخل الناجم عن استخدام المعدَّلات المبيّنة في (الجدول 5.6) أو الواردة في نظام الضريبة الدنيا البديل (AMT) *alternative minimum tax system*. وبوجه عام، يعدّ نظام الضريبة الدنيا البديل من أعقد الشروط الضريبية في قانون الإصلاح الضريبـــي لعام 1986 (TRA 86).

9.6 الربح (الخسارة) عند الخلاص من الأصل

عندما يُباع أصل خاضع للاهتلاك (أصل شخصي مادي أو أصل عقاري، الفقرة 2.6)، فنادراً ما تكون قيمته الرّائجة تساوي قيمته المحاسبية BV (المعادلة 1.6). وبوجه عام، فإن الربح (أو الخسارة) عند بيع الأصل الخاضع للاهتلاك يساوي قيمته الرّائجة العادلة محسوماً منها قيمته المحاسبية في ذلك الوقت أي إنّ:

$$[\text{الربح (الخسارة) عند الخلاص}]_N = MV_N - BV_N \quad (20.6)$$

عندما ينجم عن البيع ربح، يُشار إليه باسم *استرداد الاهتلاك depreciation recapture*. ومعدّل الضريبة على الربح (أو الخسارة) عند الخلاص من الملكية (الأصل) الشخصية الخاضعة للاهتلاك عادة هو نفس المعدّل على الدخل أو الخسارة العادية، والذي هو عبارة عن معدّل ضريبة الدخل الفعّال t.

ويُطلقُ على الربح (أو الخسارة) الناجم عن بيع أو مبادلة اصل رأسمالي اسم *الربح (أو الخسارة) الرأسمالي a capital gain*. فالأسهم والسندات والذهب والفضّة وغيرها من المعادن والأصول العقارية مثل المنازل تُمثّل أمثلة للأصول الرأسمالية. وحيث إن تحليلات الاقتصاد الهندسي نادراً ما تنطوي على كسب (أو خسارة) رأسمالي فعلي، فإن التفاصيل المعقدة لهذه الحالة لن تناقش أكثر من ذلك.

المثال 13-6

باعت شركة في السنة الضريبية الحالية إحدى المعدّات بمبلغ: 78,600 $، وتبيّن السجلات المالية أنّ أساس كلفتها B، 190,000$ واهتلاكها التراكمي 139,200$. افترض أن معدل ضريبة الدخل الفعال يساوي 40%. بناءً على هذه المعلومـــات حدِّد: (آ) الربح (أو الخسارة) عند الخلاص، (ب) العبء الضريبـــي (أو الائتمان الضريبـــي) الناجم عن هذا البيع، (ج) العبء الضريبـــي (أو الائتمان الضريبـــي) إذا كان الاهتلاك التراكمي 92,400$ عوضاً عن 139,200$؟

الحل

(آ) إن القيمة المحاسبية BV عند البيع تساوي: 50,800$ = 139,200$ – 190,000$. لذا فإنّ الربح عند الخلاص يساوي: 78,600$ – 50,800$ = 27,800$.

(ب) الضريبة المترتبة على هذا الربح تساوي: 11,120$ – = (27,800$)0.40 –.

(ج) عندما يكون الاهتلاك التراكمي d^*_k يساوي:92,400$ فإن القيمة المحاسبية عند البيع تساوي: 92,400$ –190,000$ = 97,600$ والرّبح فـــي هذه الحالة يســـاوي: 19,000$ - = 97,600$ – 78,600$ والائتمان الضريبـــي الناجم عن هذه الخسارة عند الخلاص يساوي: 7,600$ = (19,000$-)0.40-.

10.6 الخطوات العامة لإنجاز التحليلات الاقتصادية بعد حسم الضرائب

تُستخدم التحليلات الاقتصادية بعد حسم الضرائب عادة نفس معايير الرّبحية المُستخدمة في التحليل قبل حسم الضرائب. والفرق الوحيد هو استخدام التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب (ATCFs) في مكان التدفقات النقدية قبل حسم الضرائب (BTCFs) وذلك بإضافة المصاريف (أو الاقتصاد) الناجمة عن ضرائب الدخل، ثمّ حساب القيمة المكافئة equivalent worth باستخدام *المعدّل المفضّل الأدنـــى للعائد MARR لـ بعد الضريبة*. إنّ معدّلات الضريبة والأنظمة الناظمة معقّدة وقابلة للتغيير، ولكن حين تترجم وتُحدَّد تأثيراتها على التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب يصبح باقي التحليل بعد الضرائب سهلاً نسبياً. لنحاول وضع هذه الخطوات بأسلوب رسمي مكتوب، نفترض أن:

R_k = العوائد (أو الاقتصاد) من المشروع k وهي عبارة عن التدفق النقدي الداخل من المشروع خلال المدة k،

E_k = التدفقات النقدية الخارجة خلال السنة k للمصاريف القابلة للحسم (الاقتطاع) والفوائد،

d_k = مجموع جميع المبالغ غير النقدية، أو الكلف الدفترية خلال السنة k مثل الاهتلاك والنضوب،

t = المعدّل الفعّال لضريبة الدخل على الدخل *العادي* (الفيدرالية، المحلّية وغيرها)، ويُفترض أنّ t تبقى ثابتةً خلال مدة الدراسة،

T_k = تأثيرات ضريبة الدخل خلال السنة k، و

$ATCF_k$ = التدفق النقدي للمشروع بعد حسم الضريبة خلال السنة k.

ولما كان الدخل الصافي قبل حسم الضرائب NIBT (أي الدخل الخاضع للضريبة) يساوي $(R_k - E_k - d_k)$، فإن تأثيرات الضريبة على الدخل العادي خلال السنة k تُحسب من المعادلة (21.6):

$$T_k = -t\,(R_k - E_k - d_k) \qquad (21.6)$$

لذلك، يحصل عبء ضريبي (تدفق نقدي سالب) عندما يكون $R_k > (E_k + d_k)$. وعندما يكون $R_k < (E_k + d_k)$ يحدث انخفاض في مبلغ الضريبة. وعند ذلك يكون الدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT (المعادلة 18.6) هو الدخل الخاضع للضريبة (أي الدخل الصافي قبل الضرائب) مضافاً إليه جبرياً مبلغ الضريبة المُحدَّد بالمعادلة (21.6)، لذا:

$$NIAT_k = \underbrace{(R_k - E_k - d_k)}_{\text{الدخل الخاضع للضريبة}} \; \underbrace{-\,t(R_k - E_k - d_k)}_{\text{ضرائب الدخل}}$$

أو:

$$NIAT_k = (R_k - E_k - d_k)\,(1 - t) \qquad (22.6)$$

إن التدفق النقدي بعد حسم الضرائب للمشروع ATCF يساوي الدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT مضافاً إليه البنود غير النقدية مثل الاهتلاك، أي:

$$ATCF_k = NIAT_k + d_k \qquad (23.6)$$

$$= (R_k - E_k - d_k)\,(1 - t) + d_k \qquad (24.6)$$

أو

$$ATCF_k = (1 - t)\,(R_k - E_k) + td_k \qquad (25.6)$$

تُحسبُ التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب للسنة k، $ATFC_k$ في كثير من التحليلات الاقتصادية للمشاريع الهندسية بدلالة التدفقات النقدية قبل حسم الضرائب للسنة k، $BTFC_k$:

$$BTFC_k = R_k - E_k \qquad (26.2)$$

وهكذا يكون[6]:

$$ATFC_k = BTFC_k + T_k \qquad (27.6)$$

$$= (R_k - E_k) - t\,(R_k - E_k - d_k)$$

$$= (1 - t)\,(R_k - E_k) + td_k \qquad (28.6)$$

واضحٌ أنّ المعادلتين (25.6) و(28.6) متطابقتان.

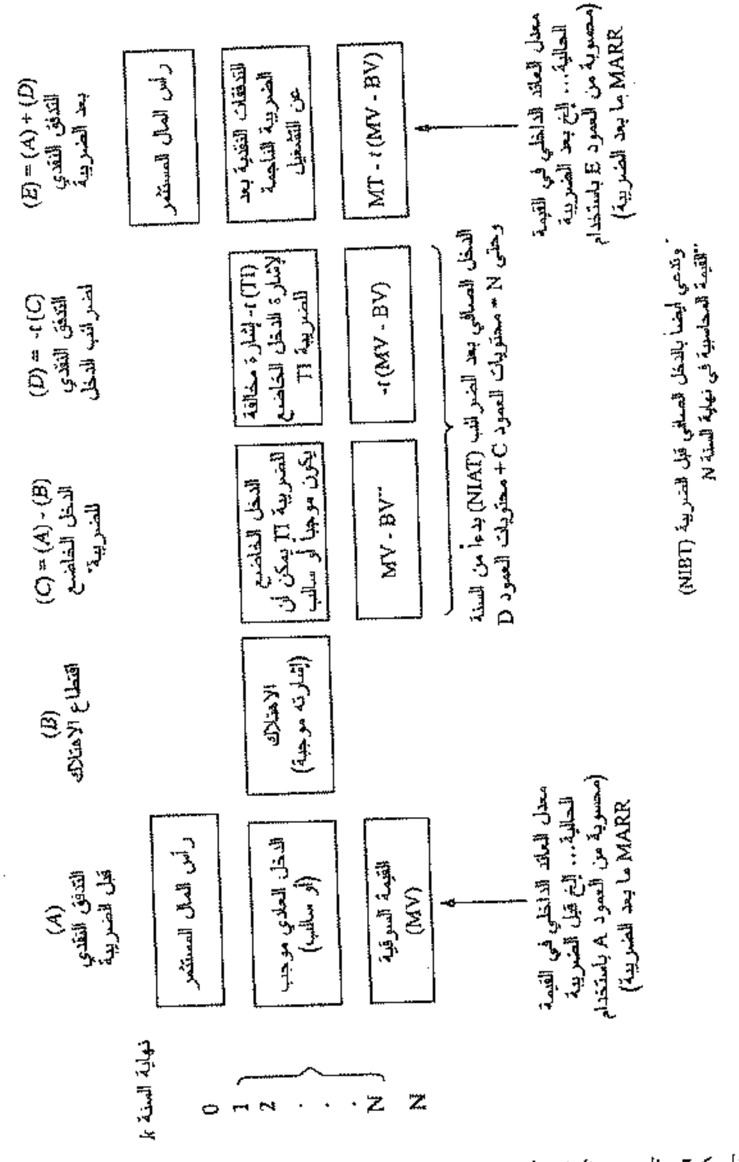
يبيّن الجدول التالي شكلاً منظماً يُسهّل عملية حساب التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب باستخدام المعادلات (21.6) و(28.6):

---

[6] في الشكل 5.6 استخدمنا $(-t)$ في العمود D، أي إن طرحاً جبرياً قد أُجري على ضرائب الدخل في المعادلة 27.6.

السنة	(A) التدفق النقدي قبل الضريبة BTCF	(B) الاهتلاك	(C) = (A)−(B) الدخل الخاضع للضريبة	(D) = −t(C) التدفق النقدية لضرائب الدخل	(E) = (A) + (D) التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF
k	$R_k - E_k$	d_k	$R_k - E_k - d_k$	$-t\,(R_k - E_k - d_k)$	$(1-t)\,(R_k - E_k) + td_k$

يتألّف العمود A من نفس المعلومات المُستَخدمة في تحليلات ما قبل حسم الضرائب، أي العوائد النقدية (أو الاقتصاد) مطروحاً منها المصاريف القابلة للحسم. ويَحوي العمود B الاهتلاك الذي يمكن المطالبةُ به لأغراض الضريبة. على حين يَحوي العمود C الدخل الخاضع للضريبة أو المبلغ الخاضع لضرائب الدخل. والعمود D يَحوي على ضرائب الدخل المدفوعة (أو المقتصَدة). وأخيراً يبيّن العمود E التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب ATFCs التـي تُستَخدم مباشرة في التحليلات الاقتصادية بعد حسم الضرائب.



الشكل 5.6: الصيغة العامة لتحليل ما بعد حسم الضرائب؛ تحديد ATCF و(NIAT).

يبيّن (الشكل 5.6) ملخصاً لعملية تَحديد الدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT والتدفق النقدي بعد حسم

الضرائب ATCF خلال كل سنة من مدة دراسة قدرها N سنة. تستوعب معظم الشركات جيّداً مفهوم الدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT، حيث يُمكن تحديده بسهولة من (الشكل 5.6) لعرضه على المستويات الإدارية العليا. وتُستخدم، في بقية هذا الفصل، الصيغة المُوضّحة في (الشكل 5.6) بكثرة لأنّها طريقة ملائمة لتنظيم المعطيات في دراسات ما بعد حسم الضرائب.

تُشير عناوين الأعمدة في (الشكل 5.6) إلى العمليات الحسابية المُستخدمة لتحديد المعلومات للأعمدة D, C وE عندما $k = 1, 2, ..., N$. فعندما $k = 0$، تُوجد عادة استثمارات رأسمالية، وتوضّح الأمثلة التالية طريقة معالجة ضرائبها (في حال وجودها). يَجب استخدام الجدول بعرف استخدام إشارة + للتدفق النقدي الداخل أو للاقتصاد، وإشارة − للتدفق النقدي الخارج أو للفرصة الضائعة.

المثال 6-14

إذا كان العائد من مشروع خلال سنة ضريـبية $10,000 والمصاريف $4,000 واقتطاعات الاهتلاك لأغراض ضريبة الدخل $2,000، ما هو التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF عندما $t = 0.40$؟ وما هو الدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT؟

الحل

لدينا من المعادلة (24.6):

$$ATCF = (1 - 0.4)(\$10,000 - \$4,000 - \$2,000) + \$2,000 = \$4,400$$

يُمكن الحصول على نفس النتيجة من المعادلتين (25.6) و(28.6):

$$ATCF = (1 - 0.4)(\$10,000 - \$4,000) + 0.4(\$2,000) = \$4,400$$

تبيّن المعادلة (25.6) بوضوح أن الاهتلاك يساهم بائتمان قدره: $t \cdot d_k$ في التدفق النقدي بعد حسـم الضرائب في سنة التشغيل k. والدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT من المعادلة (23.6) يساوي:

$$NIAT = \$4,400 - \$2,000 = \$2,400$$

إن مساهمة الاهتلاك في التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATFC (اقتصاد في الضريبة) في السنة k يساوي td_k. وتُصبح نفقة ما بعد حسم ضرائب الدخل مساويةً: $(1 - t)E_k$.

المثال 6-15

لنفرض أنّ أصلاً أساس كلفتـــه $100,000 حُسبَ اهتلاكه على مدار مدة استرداد قدرها خمس سنوات وفقاً لقواعد الاهتلاك البديل ADS لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS كما يلي:

السنة	1	2	3	4	5	6
اقتطاع الاهتلاك	$10,000	$20,000	$20,000	$20,000	$20,000	$10,000

إذا بقيَ المعدَّل الفعَّال لضريبة دخل الشركة ثابتاً عند القيمة 40% خلال السنوات الست، فما هي القيمة الحالية PW

للاقتصاد بعد حسم الضرائب والناجمة عن الاهتلاك عندما يكون المعدَّل المفضَّل (الجذاب) الأدنـــى للعائد = MARR 10% في كل سنة (بعد حسم الضرائب)؟

الحل

إنَّ القيمة الحاليّة PW للائتمان الضريبـــي (الاقتصاد) وفقاً لجدول الاهتلاك هذا:

$$PW(\%10) = \sum_{k=1}^{6} 0.4d_k(1.10)^{-k} = \$4,000(0.9091) + \$8,000(0.8264) + \cdots + \$4,000(0.5645) = \$28,948$$

المثال 16-6

يُتوقَّع من الأصل في المثال 15-6 تحقيق تدفق نقدي صافي (عائد صاف) قدره: 30,000 $ ســـنوياً خلال مدة ســـت سنوات ويُتوقَّع أن تكون قيمته الرّائجة النهائية في السوق مهملة. فإذا كان المعدَّل الفعَّال لضريبة الدخل 40%، فكم تستطيع الشركة أن تصرف على هذا الأصل وتبقى محققة المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد MARR؟ وما هو معنـــى أي مبلغ فائض عن المبلغ المتحمَّل أعباؤه يزيد عن أساس الكلفة 100,000$ المعطى في المثال 15-6؟

الحل

إنَّ القيمة الحاليّة PW للعائد الصافي بعد حسم ضرائب الدخل تساوي: = (1 – 0.4) ($30,000) · (*P*/*A*, 10%, 6) $78,395 = (4.3553) $18,000 بعد أن نُضيف إلى ذلك، القيمة الحاليّة PW للاقتصاد الضريبـــي المحسوب في المثال 15-6 يُصبح المبلغ المُمكن تحمّله: 107,343$. ولأنَّ الاستثمار الرأسمالي يساوي 100,000$ فإنَّ القيمة الحاليّة PW الصافية تساوي: 7,343$. ويمكن الحصول على نفس النتيجة باستخدام النموذج العام (صفحة العمل) (للشكل 5.6):

نهاية السنة	(*A*) التدفق النقدي قبل الضريبة	(*B*) اقتطاع الاهتلاك	(*C*) = (*A*) – (*B*) الدخل الخاضع للضريبة	(*D*) = –0.4(*C*) ضرائب الدخل	(*E*) = (*A*) + (*D*) التدفق النقدي بعد الضريبة
0	–$ 100,000				–$ 100,000
1	30,000	$10,000	$20,000	–$8,000	22,000
2	30,000	20,000	10,000	–4,000	26,000
3	30,000	20,000	10,000	–4,000	26,000
4	30,000	20,000	10,000	–4,000	26,000
5	30,000	20,000	10,000	–4,000	26,000
6	30,000	10,000	20,000	–8,000	22,000
	المجموع $80,000		المجموع $80,000		القيمة الحالية (10%) التدفق النقدي بعد الضريبة $7,343

11.6 توضيح حسابات التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب

توضّح المسائل التالية (الأمثلة 6-17 و6-18 و6-19 و6-20) حساب التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب ATCFs، وتوضّح أيضاً حالات كثيرة وشائعة تؤثّر على ضرائب الدخل. وتتضمّن جميع المسائل افتراض أنّ مصاريف ضريبة الدخل (أو الاقتصاد) تتحقّق في نفس الوقت (السنة) الذي يَتحقّق فيه العائد أو المصروف الذي يزيد من الضرائب. وسيُحسب في كل مثال معدّل العائد الداخلي IRR بعد حسم الضرائب أو القيمة الحاليّة PW بهدف مقارنة التأثيرات لحالات متعددة. ويُمكن أن نلاحظ من نتائج الأمثلة 6-17 و6-19 أنّه كلّما كان اقتطاع الاهتلاك سريعاً (مبكراً) أصبح معدّل العائد الداخلي IRR والقيمة الحاليّة PW محبذاً.

المثال 6-17

تُقدَّر كلفة آلية جديدة معيّنة عند وَضعها في الخدمة بــ $180,000 ويُتوقّع أنّها ستُخَفّض مصاريف التشغيل السنوية الصافية بمقدار $36,000 سنوياً لمدة 10 سنوات، ويُتوقّع أن تكون قيمتها الرّائجة في السوق في نهاية السنة العاشرة MV $30,000. (آ) أوجد التدفقات النقدية قبل وبعد حسم الضرائب؟ (ب) احسب معدَّل العائد الداخلي IRR قبل وبعد حسم الضرائب بافتراضْ أنّ دخل الشركة الخاضع لضريبة الدخل الفيدرالية يَقع ضِمْنَ الشريحة من $335,000 إلى $10,000,000، وأن معدَّل ضريبة الدخل المحليّة يساوي 6%. وتُحسم ضرائب الدخل المحليّة من الدخل الخاضع للضريبة الفيدرالية. وتَقع هذه الآلية ضِمْنَ فئة أصول خمس سنوات وفقاً لنظام الاهتلاك العام GDS التابع لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS. (ج) احسب القيمة الحاليّة PW بعد حسم الضرائب عندما يكون المعدَّل المفضَّل الأدنى للعائد MARR = 10% في السنة *بعد حسم الضرائب*؟ مدة الدراسة في هذا المثال 10 سنوات، إلاّ أنّ فئة الملكية (الأصل) لهذه الآلية خمس سنوات.

الحل

(آ) يطبق (الجدول 6.6) الصيغة الموضّحة في (الشكل 5.6) لحساب التدفق النقدي قبل وبعد حسم الضرائب BTCF وATFC لهذا المثال. وبناءً على المعطيات (ومن المعادلة 19.6) فإنّ المعدَّل الفعّال لضريبة الدخل في العمود D قريب جداً من 0.38.

(ب) يُحسب معدَّل العائد الداخلي قبل حسم الضرائب IRR من العمود A:

$$0 = - \$180,000 + \$36,000\,(P\,/\,A\;،i'\,\%\;،10) + \$30,000\,(P\,/\,F,\;i'\,\%,10)$$

باستخدام التجربة والخطأ نجد أنّ $i' = 16.1\%$.

إنّ القيد في الجدول للسنة الأخيرة يساوي $30,000 لأنّ القيمة التقديرية الرّائجة في السوق MV للآليّة تساوي هذا المبلغ. إلاّ أنّ اهتلاكها وفق نظام الاهتلاك العام GDS قد حُسب على أساس أن MV = 0. ولذلك عند بيع الآليّة في نهاية السنة العاشرة سيَتحقّق ربح عند الخلاص قدره $30,000 *كاهتلاك مُسترد* (المعادلة 20.6)، خاضع للضريبة بمعدَّل فعّال لضريبة الدخل قدره 38%. وقيد الضريبة مُبيّن في العمود D (في نهاية السنة العاشرة).

باستخدام التجربة والخطأ نجد أنّ معدَّل العائد الداخلي قبل حسم الضرائب IRR يساوي: 12.4%.

(ج) عندما يُدرجُ معدَّل مفضَّل أدنـــى للعائد قـــدره MARR = 10% فـــي السنة في علاقة القيمة الحاليّة PW في أسفل (الجدول 6.6) تُصبح القيمة الحاليّة بعد حسم الضرائب لهذا الاستثمار مساوية: $17,209.

الجدول 6.6: تحليل للمثال 6-17

نهاية السنة k	(A) التدفق النقدي قبل الضرائب	(B) أسس الكلفة	×	اقتطاع الاهتلاك: معدل استرداد وفق نظام الاهتلاك العام GDS — المعدل	=	المبلغ المقتطع	(C) = (A) − (B) الدخل الخاضع للضريبة	(D) = −0.38(C) التدفق النقدي لضرائب الدخل	(E) = (A) + (D) التدفق النقدي بعد الضرائب
0	−$180,000	—		—		—			−$180,000
1	36,000	$180,000	×	0.2000	=	$36,000	0	0	36,000
2	36,000	180,000	×	0.3200	=	57,600	−21,600	+8,208	44,208
3	36,000	180,000	×	0.1920	=	34,560	1,440	−547	35,453
4	36,000	180,000	×	0.1152	=	20,736	15,264	−5,800	30,200
5	36,000	180,000	×	0.1152	=	20,736	15,264	−5,800	30,200
6	36,000	180,000	×	0.0576	=	10,368	25,632	−9,740	26,260
7–10	36,000	0				0	36,000	−13,680	22,320
10	30,000						30,000 [a]	−11,400 [b]	18,600
المجموع $	210,000							المجموع	$130,201
								القيمة الحالية (10%) =	$17,208

[a] استرداد الاهتلاك $30,000 = $30,000 - 0 = MV_{10} - BV_{10}(المجموع عند التخلي)

[b] الضريبة على استرداد الاهتلاك = $11,400 = $ 30,000(0.38)

معدل العائد الداخلي IRR: ضع القيمة الحالية PW في العمود E تساوي الصفر ثم حلّ i' في المعادلة التالية:

$$0 = -\$180,000 + \$36,000(P/F, i', 1) + \$44,208(P/F, i', 2) + \$35,453(P/F, i', 3) + 30,200(P/F, i', 4) + \$30,200(P/F, i', 5) + \$26,260(P/F, i', 6) + \$22,320(P/A, i', 4)(P/F, i', 6) + \$18,600(P/F, i', 10);\ IRR = 12.4\%$$

إذا صُنِّفت الآلية في المثال 6-17 حسب نظام الاهتلاك العام MACRS (GDS) في فئة العشر سنوات عوضاً عن فئة الخمس سنوات، ستتباطأ اقتطاعات الاهتلاك في السنوات الأولى من مدة الدراسة وتنـــزلق إلى السنوات الأخيرة كما هو مبين في (الجدول 7.6). وبمقارنة القيود في (الجدولين 6.6 و7.6) نجد أنَّ قيود الأعمدة C وD وE في (الجدول 7.6) أقلّ

ملاءمة، بمعنـــى أنّ مبالغ لا بأس بها في التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF قد أُجِّلت إلى السنوات الأخيرة فينجم عنها قيم أقلّ لمعدَّل العائد الداخلي IRR بعد حسم الضرائب وللقيمة الحاليّة PW. فمثلاً، انخفضت القيمة الحاليّة PW من $17,208 في (الجدول 6.6) إلى $9,136 في (الجدول 7.6). إنّ الفرق الأساسي بين (الجدول 6.6) و(الجدول 7.6) هو في توقيت *تحقُّق المبالغ في التدفق النقدي بعد حسم الضرائب* وذلك يتبع قيمة وتوقيت اقتطاعات الاهتلاك، وفي الواقع يمكن

الجدول 7.6: إعادة المثال 6-17 لفئة الموجودات 10 سنوات حسب نظام استرداد الكلفة المسرع والمعدل (نظام الاهتلاك العام).

نهاية السنة k	(A) التدفق النقدي قبل الضرائب	(B) أسس الكلفة	×	الاهتلاك: معدل الاسترداد حسب نظام الاستهلاك العام GPS	=	الاقتطاع	$(C) = (A) - (B)$ الدخل الخاضع للضريبة	$(D) = -0.38(C)$ التدفق النقدي لضرائب الدخل	$(E) = (A) + (D)$ التدفق النقدي بعد الضرائب
0	−$180,000	—		—		—			−$180,000
1	36,000	$180,000	×	0.1000	=	$18,000	$18,000	−$6,840	29,160
2	36,000	180,000	×	0.1800	=	32,400	3,600	−1,368	34,632
3	36,000	180,000	×	0.1440	=	25,920	10,080	−3,830	32,170
4	36,000	180,000	×	0.1152	=	20,736	15,264	−5,800	30,200
5	36,000	180,000	×	0.0922	=	16,596	19,404	−7,374	28,626
6	36,000	180,000	×	0.0737	=	13,266	22,734	−8,639	27,361
7	36,000	180,000	×	0.0655	=	11,790	24,210	−9,200	26,800
8	36,000	180,000	×	0.0655	=	11,790	24,210	−9,200	26,800
9	36,000	180,000	×	0.0656	=	11,808	24,192	−9,193	26,807
10	36,000	180,000	×	0.0655/2	=	5,895	30,105	−11,440	24,560
10	30,000						18,201 [a]	−6,916	23,084
								المجموع	$130,196
								القيمة الحالية $PW(10\%)$	≃ $9,136
								معدل الأداء الداخلي IRR	= 11.2%

[a] التبرع عند التخلي $= MV_{10} - BV_{10} = \$30,000 - \left(\frac{0.0655}{2} + 0.0328\right)(\$180,000) = \$18,201$.

للقارئ المحبّ للاطلاع التأكّد أنّ مجموع القيود في الأعمدة من A إلى E في (الجدول 6.6) و(الجدول 7.6) متساوية تقريباً (ماعدا الاهتلاك لنصف سنة في السنة العاشرة في الجدول 7.6)، فتوقيت تَحقُّق مبالغ التدفق النقدي طبعاً يُحدث فرقاً.

لا يؤثر الاهتلاك على التدفقات النقدية قبل حسم الضرائب BTCF. يُنتج الاهتلاك السريع قيماً حالية PW من حسومات الضرائب أكبر من تلك التـــي تنتج عن نفس مبلغ الاهتلاك المستحق لاحقاً خلال عمر الأصل.

عندما تكون مدة الدراسة أقصر من مدة الاسترداد للأصل وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS (مدة استرداد خمس سنوات ومدة دراسة خمس سنوات أو أقل) يصبح تحليل التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF أكثر تعقيداً. وفي هذه الحالات سنفترض في هذا المرجع أنّ الأصل يُباعُ في السنة الأخيرة من الدراسة عند قيمته الرّائجة في السوق MV. وبسبب عرف الزمن نصف سنة، يُمكن المُطالبة، في سنة الخلاص أو عند نهاية مدة الدراسة، فقط بنصف الاهتلاك الطبيعي المُحدَّد في نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS، لذلك سينشأ فرق بين القيمة المحاسبية BV للأصل وبين قيمته الرّائجة في السوق MV. وتُعدَّل ضريبة الدخل الناجمة عند البيع (راجع السطر الأخير من الجدول 7.6) إلاّ إذا لم يبع الأصل، بل احتُفِظَ به لخدمة احتياطية. وفي هذه الحالة، تستمر عملية اقتطاع الاهتلاك حتـــى نهاية مدة الاسترداد المُحدَّدة في نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS. وافتراضنا أنّ المشروع ينتهي عند انقضاء مدة الدراسة يُعَدُّ منطقاً اقتصادياً جيداً كما هو موَضَّح في المثال 6-18.

المثال 6-18

أساس كلفة جهاز متخصّص جداً لتعرُّف الأحرف ضوئياً هو OCR:$50,000. إذا شُرِيَ الجهاز سيُستَخدم لمدة أربع سنوات فقط لتحقيق دخل (نتيجة التأجير) قدره: $20,000 في السنة. يُباع الجهاز في نهاية السنة الرابعة لقاء مبلغ زهيد يمكن إهماله. وتُقدَّر مصاريف صيانته سنوياً بـــ $3,000. مدة الاسترداد في نظام الاهتلاك العام MACRS (GDS) لهذا الجهاز سبع سنوات والمعدَّل الفعّلي لضريبة دخل الشركة يساوي: 40%.

(آ) إذا كان المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد MARR يساوي: 7% هل من المُجدي شراء هذا الجهاز؟

(ب) أَعِد المسألة مفترضاً أنّ الجهاز وُضِعَ في حالة جاهزية للعمل بحيث يَتوزَّع اهتلاكه على مدار مدة الاسترداد؟

الحل

(آ)

نهاية السنة k	(A) التدفق النقدي قبل الضريبة	(B) اقتطاع الاهتلاك	$(C) = (A) - (B)$ الدخل الخاضع للضريبة	$(D) = -0.4\ (C)$ ضرائب الدخل	$(E) = (A) + (D)$ التدفق النقدي بعد الضريبة
0	−$50,000				−$50,000
1	17,000	$7,145	$9,855	−$3,942	13,058
2	17,000	12,245	4,755	−1,902	15,098
3	17,000	8,745	8,255	−3,302	13,698
4	17,000	3,123[a]	13,877	−5,551	11,449
4	0		−18,742[b]	7,497	7,497

[a] يطبق عُرف نصف سنة من التخلي في السنة الرابعة

[b] القيمة المحاسبية المتبقية

ولما كان PW (7%) = $1,026 أي أكبر من الصفر فمن المُجدي شراء هذا الجهاز.

(ب)

نهاية السنة k	(A) التدفق النقدي قبل الضريبة	(B) اقتطاع الاهتلاك	(C) الدخل الخاضع للضريبة	(D) ضرائب الدخل	(E) التدفق النقدي بعد الضريبة
0	−$50,000				−$50,000
1	17,000	$7,145	$9,855	−$3,942	13,058
2	17,000	12,245	4,755	−1,902	15,098
3	17,000	8,745	8,255	−3,302	13,698
4	17,000	6,245	10,755	−4,302	12,698
5	0	4,465	−4,465	1,786	1,786
6	0	4,460	−4,460	1,784	1,784
7	0	4,465	−4,465	1,786	1,786
8	0	2,230	−2,230	892	892
8	0				0

بما أنَّ PW (7%) = $353 فمن المُجدي شراء الجهاز.

إنَّ القيمة الحاليّة في الحالة (آ) أكبر من القيمة الحاليّة في الحالة (ب) بمقدار $673 الذي يُعادل القيمة الحاليّة لاقتطاعات الاهتلاك المؤجّلة في الحالة (ب). فإذا كان للشركة حريّة الاختيار عليها أخذ الخيار (آ).

يوضّح المثال 6-19 تحديد التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب ATFCs التـي هي أكثر تعقيداً من خلال فرصة واقعية لاستثمار رأسمالي

المثال 6-19

ترغب شركة أجاكس لأنصاف النواقل Ajax Semiconductor Company تقيـيمَ ربحية إضافة خط آخر لعملياتها الحاليّة لإنتاج دارات متكاملة. يحتاج هذا المشروع شراء هكتارين أو أكثر من الأرض بكلفة كليّة قدرها: $275,000، وستكلّف تجهيزات المشروع $60,000,000 ولن يكون لها قيمة رائجة صافية في السوق MV عند نهاية الخمس سنوات. يمكن حساب اهتلاك المنشأة باستخدام مدة استرداد خمس سنوات وفقاً لنظام الاهتلاك العام GDS. يَحتاج الخط إلى زيادة رأس المال العامل بمبلغ قدره $10,000,000 ويُتوقَّع أنَّ الدخل الإجمالي سيزداد بمقدار $30,000,000 في السنة وتُقدَّر مصاريف التشغيل بـ $8,000,000 سنوياً وعلى مدار الخمس سنوات. المعدَّل الفعّلي لضريبة الدخل للشركة 40%. (أ) أنشئ جدولاً حَدِّد فيه التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF لهذا المشروع؟ (ب) ما هو الدخل الصافي للسنة الثالثة بعد حسم الضرائب NIAT؟ (ج) هل الاستثمار مجد عندما يكون المعدَّل المفضَّل الأدنـى للعائد MARR يساوي 12% بعد حسم الضرائب؟.

الحل

(آ) اتُّبِعَت الإجراءات المُعتمدة في (الشكل 5.6) للحصول على التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب ATCFs في (الجدول 8.6) بدءاً من السنة صفر إلى السنة الخامسة. وعوملَ اقتناء الأرض ورأس المال العامل الإضافي كاستثمارات رأسمالية غير خاضعة للاهتلاك قُدِّرَت قيمها الرّائجة في السوق في نهاية الخمس سنوات مساوية لتكاليفها الأساسية. (من المعروف في التقييم الاقتصادي، أنّ الأرض ورأس المال العامل لا تتضخم قيمها خلال مدة الدراسة لأنّها أصول

دائمة (non-wasting assets). ويُحسب التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF للسنة الثالثة (كمثال) باستخدام المعادلة 24.6 كما يلي:

$$ATFC_3 = (\$30,000,000 - \$8,000,000 - \$11,520,000)(1 - 0.40) + \$11,520,000$$
$$= \$17,808,000$$

الجدول 8.6: تحليل ما بعد الضريبة للمثال 6-19

نهاية السنة k	(A) التدفق النقدي قبل الضريبة	(B) اقتطاع الاهتلاك	(C) = (A) - (B) الدخل الخاضع للضريبة	(D) = -0.4(C) التدفق النقدي لضرائب الدخل	(E) = (A) + (D) التدفق النقدي بعد الضريبة
0	−$60,000,000 −10,000,000 −275,000				−$70,275,000
1	22,000,000	$12,000,000	$10,000,000	−$4,000,000	18,000,000
2	22,000,000	19,200,000	2,800,000	−1,120,000	20,880,000
3	22,000,000	11,520,000	10,480,000	−4,192,000	17,808,000
4	22,000,000	6,912,000	15,088,000	−6,035,200	15,964,800
5	22,000,000	3,456,000	18,544,000	−7,417,600	14,582,400
5	10,275,000[a]		−6,912,000[b]	2,764,800[b]	13,039,800

[a] القيمة السوقية لرأس المال العامل والأرض

[b] لأن القيمة المحاسبية في السنة الخامسة BV_5 لمعدات الإنتاج تساوي $6,912,00 والقيمة السوقية الصافية $MV_5 = 0$ فهناك خسارة عند التخلي تؤخذ بالحسبان في نهاية السنة الخامسة

(ب) يمكن تحديد الدخل الصافي في السنة الثالثة بعد حسم الضرائب NIAT من المعادلة 22.6:

$$NIAT_3 = (\$30,000,000 - \$8,000,000 - \$11,520,000)\ (1 - 0.40) = \$6,288,000$$

يمكن الحصول على هذه النتيجة مباشرة من (الجدول 8.6) بإضافة قيود السنة الثالثة في الأعمدة C وD: $10,480,000 − $4,192,000 = $6,288,000.

(ج) يُسحب الأصل الخاضع للاهتلاك ($60,000,000) في المثال 19.6 من الخدمة في نهاية الخمس سنوات بقيمة خلاص قدرها صفر، ويُطالب بمبلغ $6,912,000 خسارة عند الخلاص في نهاية هذه المدة. ويُطالب فقط باهتلاك نصف سنة ($3,456,000) كاقتطاع اهتلاك في السنة الخامسة، وتكون القيمة المحاسبية BV في نهاية الخمس سنوات مساوية: $6,912,900. ولما كان سعر المبيع MV = 0، فإنّ الخسارة عند الخلاص تعادل القيمة المحاسبية BV البالغة $6,912,000. وكما هو مُبيّن في (الشكل 5.6)، يَنشأ، في نهاية الخمس سنوات، ائتمان أو حسم ضريبي قدره: 0.40 ($6,912,000) = $2,764,800. يمكن الحصول على معدّل العائد الداخلي بعد حسم الضرائب IRR من قيود العمود E في (الجدول 8.6) فنجد أنّه يساوي: IRR = 12.5 %. والقيمة الحاليّـة بعد حسم الضرائب PW تساوي: $936,715 عند معدّل مفضّل أدنـى للعائد: MARR = 12% في السنة. بناءً على الاعتبارات الاقتصادية يُنصح بخط إنتاج الدارات المتكامل هذا لأنّه يبدو مغرياً جداً.

يوضّح المثال التالي مقارنة تتضمن التكاليف فقط بعد حسم الضرائب بين بديلين اسبعاديّين.

المثال 6-20

تستطيع شركة استشارات هندسية شراء محطة عمل للتصميم بمعونة الحاسب بمبلغ $20,000. يُقدّر عمر المحطة المجدي

بسبع سنوات وقيمتها الرّائجة في السوق MV = $2,000 في نهاية السبع سنوات. وتُقدَّر مصاريف التشغيل بـــ $40 لكل ثمانية ساعات يوم عمل، وتُنجَز الصيانة وفق عقد تُقدَّر كلفته بـــ $8,000 في السنة. تنتمي المحطة إلى فئة أصل خمس سنوات وفق نظام الاهتلاك العام MARCS(GDS)، والمعدَّل الفعَّال لضريبة الدخل يساوي: 40%.

يمكن كبديل، استئجار زمن كاف لاستخدام الحاسوب من شركة خدمات بكلفة سنوية قدرها $20,000. فإذا كان المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد MARR = 10% في السنة، فكم عدد أيام العمل في السنة التـــي تحتاج الشركة فيها إلى المحطّة لتبرير عملية الاستئجار؟.

الحل

يَتضمن هذا المثال تقييم شراء ملكية (أصل) قابلة للاهتلاك مقابل استئجارها. لذلك يجب تحديد المدة التـــي يجب أن تُستخدم فيها المحطة كي يكون خيار الإيجار خياراً جيداً من الناحية الاقتصادية. والافتراض *الرئيسي* هو أنَّ كلفة زمن التصميم الهندسي (أي كلفة زمن المشغّل) لا تتأثر في حال شراء أو استئجار المحطّة. ومصاريف التشغيل كمتغيّر تنجم عن شراء اللوازم وغيرها. وكلفة صيانة التجيزات والبرامج مثبتّة عقدياً بقيمة $8,000 سنوياً. ويُفترض أيضاً أنَّ العدد الأعظمي لأيام العمل 250 يوم سنوياً.

يُعامل بدل الإيجار كمصروف سنوي ولا تُطالب شركة الاستشارات باهتلاك المحطة كمصروف إضافي. (ويُفترض أنَّ شركة التأجير قد ضمَّت كلفة الاهتلاك في بدل الإيجار). إنَّ تحديد التدفق النقدي ATCF لخيار الإيجار واضح نسبياً ولا يتأثّر بالمدة التـــي ستُستخدم فيها المحطّة:

$$(\text{مصروف الآجار بعد حسم الضرائب})_k = -\$20,000(1-0.40) = -\$12,000;\ k = 1, ..., 7$$

الجدول 9.6: تحليل بديل الشراء بعد الضريبة (المثال 6-20)

نهاية السنة k	(A) التدفق النقدي قبل الضريبة	(B) اقتطاع الاهتلاك[a]	(C) = (A) - (B) الدخل الخاضع للضريبة	(D) = -t(C) التدفق النقدي لضرائب الدخل	(E) = (A) + (D) التدفق النقدي بعد الضريبة
0	−$20,000				−$20,000
1	−40X − 8,000	$4,000	−$40X − $12,000	$16X + $4,800	−24X − 3,200
2	−40X − 8,000	6,400	− 40X − 14,400	16X + 5,760	−24X − 2,240
3	−40X − 8,000	3,840	− 40X − 11,840	16X + 4,736	−24X − 3,264
4	−40X − 8,000	2,304	− 40X − 10,304	16X + 4,122	−24X − 3,878
5	−40X − 8,000	2,304	− 40X − 10,304	16X + 4,122	−24X − 3,878
6	−40X − 8,000	1,152	− 40X − 9,152	16X + 3,661	−24X − 4,339
7	−40X − 8,000	0	− 40X − 8,000	16X + 3,200	−24X − 4,800
7	2,000		2,000	−800	1,200

[a] اقتطاع الاهتلاك_k = $20,000 x معدل الاسترداد حسب نظام الاهتلاك العام

تتضمن التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب ATCFs لخيار الشراء مصاريف ثابتة (لا علاقة لها باستخدام المحطّة) إضافة إلى مصاريف تتغيّر مع استخدام المحطّة. لنفرض أنَّ X تساوي عدد أيام العمل التـــي تُستخدم فيها المحطة سنوياً، تصبح الكلفة المتغيّرة في السنة لتشغيل المحطّة مساوية $40X. يبيّن (الجدول 9.6) التحليل بعد حسم الضرائب لخيار الشراء.

إن القيمة الحاليّة السنوية بعد حسم الضرائب لشراء المحطّة:

$$AW(10\%) = -\$20{,}000(A/P, \%10, 7) - \$24X - [\$3{,}200(P/F, 10\%, 1) + \ldots$$

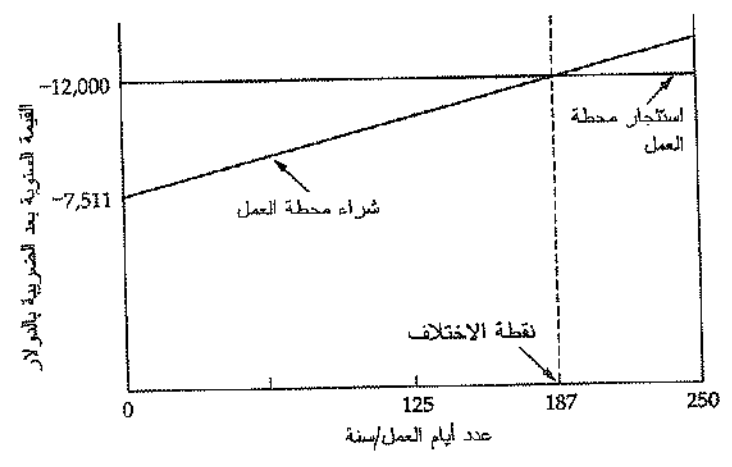
$$+\$4{,}800(P/F, 10\%, 7)](A/P, 10\%, 7) + \$1{,}200(A/F, 10\%, 7)$$

$$= -\$24X + -\$7{,}511$$

لإيجاد قيمة X نساوي بين القيمة الحاليّة السنوية بعد حسم الضرائب لكلا البديلين:

$$-\$12{,}000 = -\$24X - \$7{,}511$$

وهكذا يكون $X = 187$ يوم في السـنة. لذلك يجب استئجار المحطّة إذا كانت الشـركة تتوقع استخدامها في أعمالها لأكـثر من 187 يوم في السنة. يبيّن (الشكل 6.6) رسماً يلخّص المثال 6-20 ويوضّح المنطق وراء هذه النصيحة. وتتضح الآن أهميّة تقدير مدة استخدام المحطّة سنوياً بالأيام.



الشكل 6.6: ملخص المثال 6-20.

الموقع المرافق على شبكة الانترنت /http://www.prenhall.com/sullivan-engineering: يمثّل قرار شراء حاسوب شخصي تحدياً لكل من الأفراد والشركات. قُمْ بزيارة هذا الموقع للاطلاع على مقارنة تستخدم *تحليل التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF* لثلاثة أنظمة حاسوب شخصي بديلة.

12.6 القيمة المُضافة اقتصادياً

تُناقش هذه الفقرة مقياساً اقتصادياً يلقى اهتماماً واستخداماً متزايداً، ويُستَخدَم لتقدير طاقة الاستثمارات الرأسمالية الكامنة لتوليد الثروة. يُسمّى هذا المقياس القيمة المُضافة اقتصادياً Economic Value Added (EVA)[7] ويُحَدَّد من بعض المعلومات المُتوفّرة من التحليل بعد حسم الضرائب للتدفقات النقدية للاستثمار الرأسمالي. لقد وُجِدَ، نتيجة التحليل الراجع لتقييم الأسهم العادية لشركة، أنّ في بعض الشركات علاقة إحصائية هامة بين مقياس القيمة المُضافة اقتصادياً وبين القيمة التاريخية لأسهمها العادية[8]. ويمكن أن تُستخدَم القيمة المُضافة اقتصادياً EVA أيضاً لتقدير *الطاقة الكامنة*، للاستثمارات

---

[7] EVA علامة مسجلة لـ Stern Stewart & Company، مدينة نيويورك.

[8] انظر الصفحات 26-28 من مقال EVA: A New Panacea الذي ألفه J. L. Dodd و S. Chen والمنشور في B & E Review تموز- أيلول 1996. وانظر أيضاً الصفحات 31-34 من مقال: How Do You Add Up الذي ألفه W. Freedman، والمنشور في Chemical Week، وتشرين الأول 1996.

الرأسمالية المُقترحة، لتحقيق الأرباح في المشاريع الهندسية.

القيمة المُضافة اقتصادياً، هي ببساطة الفرق بين ربح الشركة العامل الصافي والمعدَّل بعد حسم الضرائب (NOPAT) في سنة معينة، وبين كلفة رأسمالها بعد حسم الضرائب خلال هذه السنة. وبعبارة أخرى، تُمثّل القيمة المُضافة اقتصادياً "التوزع ما بين العائد على رأس المال وبين كلفة رأس المال"[9]. ويمكن استخدام القيمة المُضافة اقتصادياً لتقييم الفرصة المتاحة لتوليد الثروة من المصاريف الرأسمالية المُقترحة وعلى أساس كل مشروع على حده (استثمارات منفصلة). يمكن أن نُحَدّد القيمة المُضافة اقتصادياً السنوية EVA من العلاقة التالية:

$$\begin{aligned} \text{EVA}_k &= (\text{الربح العامل الصافي بعد الضريبة})_k - \\ &\quad (\text{كلفة رأس المال المُستخدم في تحقيق الربح})_k \\ &= \text{NOPAT}_k - i \cdot \text{BV}_{k-1} \end{aligned} \qquad (29.6)$$

k = تُمثّل السنة ذات العلاقة حيث ($1 \le k \le N$)،

i = المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد MARR بعد حسم الضرائب مبنياً على كلفة رأس مال الشركة،

BV_{k-1} = القيمة المحاسبية لبداية سنة،

N = مدة الدراسة (التحليل) بالسنين.

يُستَخدَم (الشكل 5.6) الوارد سابقاً لربط مبالغ القيمة المُضافة اقتصادياً بمبالغ التدفق النقدي بعد حسم الضرائب لاستثمار رأسمالي مُقترح. ويمكن الحصول على مبلغ القيمة المُضافة اقتصادياً السنوية للسنة k من (الشكل 5.6): (1) جبرياً *بإضافة* بند السنة k، حيث ($1 \le k \le N$)، في العمود C إلى البند الموافق في العمود D فنحصل على الدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT والذي يساوي الربح العامل الصافي بعد حسم الضرائب NOPAT، ثم (2) *نحسم* حاصل جداء المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد MARR للمشروع بعد حسم الضرائب (المبنية على كلفة رأس المال) والقيمة المحاسبية في بداية السنة. وهذه الحسابات واضحة من المعادلة 29.6. يتضح أنّه للحصول على تنبؤات مقبولة لمبالغ التدفق النقدي ATCF السنوي بعد حسم الضرائب والقيمة المُضافة اقتصادياً EVA السنوية هناك حاجة إلى تقديرات دقيقة للتدفق النقدي قبل حسم الضرائب BTCF.

باستخدام الرموز في الصفحة 285 نجد أنّ: $\text{NOPAT}_k = (1-t)(R_k - E_k - d_k)$ وأنّ: $\text{EVA}_k = (1-t)(R_k - E_k - d_k) - i \cdot \text{BV}_{k-1}$، ويُحدَّد التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF كما يلي: عندما $k > 0$ $\text{ATCF}_k = (1-t)(R_k - E_k - d_k) + d_k$ و$\text{ATCF}_0 = \text{BV}_0$ عندما $k = 0$. بناءً على ذلك نرى أنّ العلاقة بين ATCF_k وEVA_k كما يلي: $\text{ATCF}_k = \text{EVA}_k + i \cdot \text{BV}_{k-1} + d_k$.

يوضِّح المثال 6-21 المعادلة 29.6 و(الشكل 5.6) لتحديد مبالغ التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF والقيمة المعادلة السنوية بعد الضريبة AW ومبالغ القيمة المُضافة اقتصادياً EVA المرتبطة بالاستثمار الرأسمالي.

المثال 6-21

لدينا رأس المال التالي المُقترح استثماره في مشروع هندسي، حدِّد (آ) تدفقه النقدي في كل سنة بعد حسم الضرائب

[9] انظر الصفحة 38 وما يليها من The Real Key To Creating Wealth للمؤلف S. Tully المنشور في Fortune، 30 أيلول 1993.

(ب) القيمة المعادلة السنوية AW للتدفق النقدي بعد حسم الضرائب (ج) القيمة المعادلة السنوية للقيمة المُضافة اقتصادياً؟

رأس المال المقترح للاستثمار = $84,000

قيمة الخلاص (في نهاية السنة الرابعة) = $0

المصاريف السنوية/سنة = $30,000

العوائد الإجمالية/سنة = $70,000

طريقة حساب الاهتلاك = طريقة الخط المستقيم

العمر المجدي = 4 سنوات

المعدَّل الفعَّال لضريبة الدخل (t) = 50%

المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد MARR (i) بعد الضريبة = 12% في السنة.

الحل

(أ) يبيّن الجدول التالي التدفق النقدي في كل سنة بعد حسم الضرائب ATCF:

نهاية السنة	التدفق النقدي قبل الضريبة	الاهتلاك	الدخل الخاضع للضريبة	ضرائب الدخل	التدفق النقدي بعد الضريبة
0	−$84,000	—	—	—	−$84,000
1	70,000 − 30,000	$21,000	$19,000	−$9,500	30,500
2	70,000 − 30,000	21,000	19,000	−9,500	30,500
3	70,000 − 30,000	21,000	19,000	−9,500	30,500
4	70,000 − 30,000	21,000	19,000	−9,500	30,500

(ب) القيمة المكافئة السنوية للتدفق النقدي تساوي: $-\$84,000\ (A / p, 12\%, 4) + \$30,500 = \$2,844$

(ج) إن القيمة المُضافة اقتصادياً EVA في السنة k تساوي الربح العامل الصافي بعد حسم الضرائب للسنة k محسوماً منها 12% من القيمة المحاسبية في بداية السنة k: $NOPAT_k - 0.12BV_{k-1}$. يبيّن الجدول التالي مبالغ القيمة المُضافة اقتصادياً EVA والقيمة المكافئة السنوية للقيمة المُضافة اقتصادياً ($2,844) لكل سنة. وعلى هذا فإن القيمة السنوية والقيمة المكافئة السنوية للقيمة المُضافة اقتصادياً للمشروع متساويتان تماماً.

نهاية السنة k	ربح التشغيل الصافي بعد الضريبة	القيمة الإضافية الاقتصادية = $NOPAT - i \cdot BV_{k-1}$
1	$19,000 − $9,500 = $9,500	$9,500 − 0.12($84,000) = −$580
2	= $9,500	$9,500 − 0.12($63,000) = $1,940
3	= $9,500	$9,500 − 0.12($42,000) = $4,460
4	= $9,500	$9,500 − 0.12($21,000) = $6,980

إن القيمة المكافئة السنوية للقيمة المُضافة اقتصادياً EVA: $EVA = [-\$580(P / F, 12\%, 1) + \$1,940(P/F, 12\%, 2)$

$$+ \$4,460(P / F, 12\%, 3) + \$6,980(P / F, 12\%, 4)](A / P, 12\%,4) = \$2,844$$

يتضح من المثال 6-21 أنّ القيمة المعادلة السنوية بعد حسم الضرائب AW(12%) للمشروع الهندسي المُقترح مماثلة تماماً القيمة المكافئة السنوية للقيمة المُضافة اقتصادياً EAV عند نفس معدَّل الفائدة. ولذلك فإن القيمة المكافئة السنوية للقيمة المُضافة اقتصادياً هي ببساطة القيمة المعادلة السنوية للتدفق النقدي للمشروع بعد حسم الضرائب عند معدَّل مفضَّل أدنـــى للعائد MARR بعد حسم الضرائب. تبقى هذه العلاقة المباشرة صالحة أيضاً عند استخدام طرق حساب الاهتلاك

المسرَّعة (مثل طرق نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS) في تحليل المشروع المُقترح. يُنصَح القارئ بالاطّلاع على المسائل 40.6 و41.6 و42.6 في نهاية الفصل للتدرب على حساب القيمة المُضافة اقتصادياً EAV.

13.6 تأثير حصص النضوب بعد حسم الضرائب

تُحسبُ حصص النضوب (الفقرة 6.6) من الدخل المُحقّق من الاستثمار في موارد طبيعيّة معيّنة قبل حسم الضرائب، وفي ظروف معيّنة، وتحديداً عندما يكون دافع الضرائب خاضعاً لشريحة عالية من ضريبة الدخل، يمكن أن توفّر اشتراطات النضوب في القانون الضريبي له ميزات اقتصادية هامة.

لندرس، كمثال على ذلك حالة شركة رابحة دخلها الخاضع للضريبة يساوي: $600,000. وصرفت الشركة في السنة الضريبية مبلغاً قدره: $400,000 لحفر بئر جيوحراري يُقدَّر حجم حوضه بـ 10,000,000 غالون من الماء. يُنتَجُ الماء الحار ويُباع بسعر قدره: $0.20 لكل غالون بالكميات المبيّنة في العمود 2 من (الجدول 10.6) التي تُحقّق دخلاً إجمالياً مبيناً في العمود 3. ويوضّح العمود 4 التدفق النقدي الصافي بعد حسم تكاليف الإنتاج.

يمكن اقتطاع حصة النضوب في سنة معينة بناءً على *نسبة مئوية ثابتة* من الدخل الإجمالي (15% للآبار الجيوحرارية)، على أن *لا يتجاوز الاقتطاع 50% (100% في حالة النفط والغاز) من الدخل الصافي قبل هذا الاقتطاع* (العمود 5)، والنضوب المَحسوب بهذه الطريقة مُبيّن في العمود 7 في (الجدول 10.6). تُوجَدُ طريقة أخرى يُحدَّد النضوب فيها بناءً على الكلفة التقديرية للاستثمار في المُنتَج، وفي هذه الحالة تُكلّف الكمية والمُقدَّرة بـ 10,000,000 غالون من الماء $400,000. وتُحمَّل *كلفة النضوب* هذه، في حال الرغبة، على الماء المُنتَج بمعدَّل $0.04 لكل غالون كما هو مُبيّن في العمود 6 في نفس الجدول.

يبيّن العمود 8 الدخل الخاضع للضريبة بعد تطبيق أفضل الطرق لحساب حصص النضوب (طريقة الكلفة أو طريقة النسبة المئوية). وميّزة طريقة النسبة المئوية لحساب حصص النضوب تنبع من حقيقة أنّ النضوب الكلي الذي يُمكن المُطالبة به يتجاوز علادة الاستثمار الرأسمالي الخاضع للاهتلاك. إلاّ أنّ هذه الميّزة لم تتوضّح في هذه الحالة بسبب أنّ جزءاً صغيراً نسبياً من طاقة حوضه بيع في السنين الأولى إلى الخامسة. ففي الواقع، حصة النضوب المَحسوبة بطريقة الكلفة والمُبيّن في العمود 6 أفضل (أعلى) من حصة النضوب المحسوبة بطريقة النسبة الثابتة والمُبيّن في العمود 7. فحين تتجاوز حصة النضوب المحسوبة بطريقة الكلفة حصة النضوب المحسوبة بطريقة النسبة، يُستخدَم احتياطي النضوب المحسوب بطريقة الكلفة لحساب الدخل الخاضع للضريبة بشرط أنّ كلفة الأصل لم تُستنفَذ بعد. ومن المفيد ملاحظة أنّ حصة النضوب المحسوب بطريقة الكلفة غير مُقيّد بشرط الـ 50% من الدخل الصافي والمُبيّن في العمود 5، والذي يُحدَّد قبل أخذ اقتطاعات النضوب بالحسبان. (تذكّر أنّ الشكل يلخّص خطوات تحديد النضوب المسموح به).

ولما كان ربح الشركة الصافي الخاضع لضريبة الدخل يساوي $600,000 قبل احتساب العوائد من البئر الجيوحراري، فإنّنا سنَفترض بأنّ معدَّل الضريبة التصاعدي الكلي (t) يساوي 40%، الذي يُحَدِّد ضريبة الدخل المُبيّنة في العمود 9 في (الجدول 10.6). ويبيّن العمود 10 التدفق النقدي الصافي للمستثمر بعد حسم الضريبة ATCF لزمن تشغيل البئر من السنة الأولى إلى السنة الخامسة. أمّا الكمية الباقية من الماء الحارّ والمُقدَّرة بـ 8,000,000 غالون، فيُفترض أنّها ستُباع على مدار العشر سنوات إلى الخمس عشرة سنة التالية من تشغيل البئر.

الجدول 10.6: استرداد رأس المال الذي يوفره البئر الحراري وكلفة احتياطات النضوب المستخدمة في حساب ضرائب الدخل.

(1) نهاية السنة k	(2) كمية الماء المبيعة (بالغالون)	(3) التدفق النقدي للدخل الإجمالي	(4) الدخل الصافي	(5) 50% من الدخل الصافي	(6) كلفة النضوب بالمعدل 0.04$ لكل غالون[a]	(7) احتياطات النضوب بمعدل 15% من الدخل الإجمالي	(8) [= (4) - إما العمود (6) أو (7)] للدخل الخاضع للضريبة[b]	(9) [= -0.40(8)] ضرائب الدخل	(10) [= (4) + (9)] التدفق النقدي بعد الضريبة
1	700,000	$140,000	$80,000	$40,000	$28,000	$21,000	$52,000	−$20,800	$59,200
2	600,000	120,000	70,000	35,000	24,000	18,000	46,000	−18,400	51,600
3	450,000	90,000	48,000	24,000	18,000	13,500	30,000	−12,000	36,000
4	200,000	40,000	24,000	12,000	8,000	6,000	16,000	−6,400	17,600
5	50,000	10,000	2,500	1,250	2,000	1,500	500	−200	2,300

[a] ملخص كلفة النضوب للسنة:

Yr. 1 $\frac{700{,}000}{10{,}000{,}000}(\$400{,}000) = \$28{,}000;$

Yr. 2 $\frac{600{,}000(\$400{,}000 - \$28{,}000)}{10{,}000{,}000 - 700{,}000} = \$24{,}000;$

Yr. 3 $\frac{450{,}000(\$372{,}000 - \$24{,}000)}{9{,}300{,}000 - 600{,}000} = \$18{,}000;$

Yr. 4 $\frac{200{,}000(\$348{,}000 - \$18{,}000)}{8{,}700{,}000 - 450{,}000} = \$8{,}000;$

Yr. 5 $\frac{50{,}000(\$330{,}000 - \$8{,}000)}{8{,}250{,}000 - 200{,}000} = \$2{,}000.$

[b] عند حساب الدخل الخاضع للضريبة يختار الاحتياطي الأكبر من العمود 6 أو العمود 7 ما دامت نسبة النضوب لا تتجاوز 50% من العمود 4. إذا تجاوزت كلفةُ النضوب نسبةَ النضوب يجب استخدام كلفة النضوب خلال تلك النسبة.

(ملاحظة: لا يسمح في موجودات النفط والغاز عادة استخدام نسبة النضوب)

14.6 تطبيقات وريقات الجدولة الإلكترونية

هذه الصفحة تُمثّل قاعدة عمل لتقييم المشاريع الهندسية بعد حسم الضرائب. وتُستخدَم الصيغة المُبيّنة في (الشكل 5.6) لتحويل التدفقات النقدية قبل حسم الضرائب BTCFs إلى تدفقات نقدية بعد حسم الضرائب ATCFs.

تحوي الخلية B8 أساس الكلفة، وتحوي الخلايا B9:B15 التدفق النقدي قبل حسم الضرائب BTCF، أما الخلية B16 فتحتوي على القيمة الرّائجة في السوق. ويُستخدم الإجراء VDB لتحديد مبالغ الاهتلاك وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS المُبيَّنة في العمود C. لاحظ الإشارة السالبة في المحدد الأول من الإجراء VDB. ونحتاج إلى الخلية المخفية D3 إذا استخدمنا نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS لتحديد الاهتلاك. يُستخدم رصيد متناقص 150% لتحديد r_k إذا كانت فئة العمر تساوي أو أكبر من 15 ويُستخدم رصيد متناقص 200% فيما عدا ذلك.

يُمكن استخدام أي طريقة أخرى لحساب الاهتلاك (الخط المستقيم SL، مجموع أرقام السنوات SYD والخ) باستبدال العلاقة في العمود C بالعلاقة الملائمة. نُسخت العلاقة في العمود C، بهدف التبسيط، إلى جميع الخلايا حتى الخلية التي تُمثّل فئة العمر وهي 6 سنوات في هذا المثال. وعند الوصول إلى هذه النقطة يتوقف حساب الاهتلاك. ويُستخدم في باقي الجدول نفس الأسلوب الموضَّح في هذا النص.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	التحليل بعد الضريبية للاهتلاك بطريقة نظام استرداد الكلفة المسرع والمعدل							
2								
3	Tax Rate =	40%		2.00				
4	المعدل المفضل للعائد	10%						
5	فئة العمر	5						
6								
7	السنة	التدفق النقدي قبل الضريبة	d(k)	الدخل الخاضع للضريبة	ضريبة الدخل المحققة	التدفق النقدي بعد الضريبة	التدفق النقدي المعدل بعد الضريبة	
8	0	($100,000)				($100,000)	($100,000)	
9	1	$20,000	$20,000	$0	$0	$20,000	$20,000	
10	2	$20,000	$32,000	($12,000)	$4,800	$24,800	$24,800	
11	3	$20,000	$19,200	$800	($320)	$19,680	$19,680	
12	4	$20,000	$11,520	$8,480	($3,392)	$16,608	$16,608	
13	5	$20,000	$11,520	$8,480	($3,392)	$16,608	$16,608	
14	6	$20,000	$5,760	$14,240	($5,696)	$14,304	$14,304	
15	7	$20,000	*note*	$20,000	($8,000)	$12,000	$30,000	
16	7	$30,000	*note*	$30,000	($12,000)	$18,000		
17								
18						NPV =	($1,412)	
19						AW =	($290)	
20						IRR =	9.57%	
21	مفتاح							
22		إدخالات المستخدم =		ملاحظة				
23		معادلة وحيدة منفردة =		انسخ معادلة الاهتلاك فقط للفئة العمرية +1				
24								
25	معادلات منفردة							
26	D3	=IF(B5>=15,1.5,2)						
27	F8	=B8						
28	G8	=F8						
29	C9	=IF(A9=$B$5+1,0.5*C8,VDB(-$B$8,0,$B$5,MAXA(0,A9-1.5),A9-0.5,$D$3,FALSE))						
30	D9	=B9-C9						
31	E9	=$B$3*D9						
32	F9	=B9-E9						
33	G15	=F15+F16						
34	G18	=NPV(B4,G9:G15)+G8						
35	G19	=PMT(B4,7,-G18)						
36	G20	=IRR(G8:G15,B4)						
37								

صفحة الحساب الإلكترونية لتقييم المشاريع الهندسية بعد احتساب الضريبة

يُعدُّ العمود الذي يحوي التدفق النقدي المعدَّل بعد حسم الضرائب ضرورياً لأنَّ المدة N ($N = 7$ في هذا المثال) تَظهر مرتين. الأولى في التدفق النقدي العادي قبل حسم الضرائب لتلك السنة BTCF، والثانية في التأثير الناجم عن بيع الأصل.

إنّ العمود G ينقل التدفق النقدي ATCF من العمود السابق من السنة 0 إلى السنة N-1 ويدمج السطرين اللذين يمثّلان السنة N. ويُستخدم هذا العمود لحساب جميع معايير الميّزات المالية المُستخدمة في مقارنة البدائل، إن أكثر المعايير شيوعاً تَظهر في الخلايا G18:G20.

15.6 ملخّص

قدّمنا في هذا الفصل نواحي هامة من التشريعات الفيدرالية الخاصّة بالاهتلاك والنضوب وضرائب الدخل. ويُعدُّ استيعاب هذه المواضيع أساسياً في إنجاز تقييم اقتصادي هندسي صحيح للمشاريع المُقترحة بعد حسم الضرائب. ويُشكّل الاهتلاك وضرائب الدخل جزءاً لا يتجزأ من الفصول التالية في هذا الكتاب.

وُصِفَتْ في هذا الفصل كثير من المبادئ المتعلقة بالقوانين الحاليّة لضريبة الدخل الفيدرالية، فمثلاً، شُرحت مواضيع مثل الدخل الخاضع للضريبة، والمعدّلات الفعّالة لضريبة الدخل، وضريبة الدخل العادي، والأرباح والخسائر عند الخلاص من الأصل. وقُدِّمَت صيغة عامة جَمعت ونَظّمت هذه المواضيع المتنوعة ظاهرياً في (الشكل 5.6)، حيث توفّر هذه الصيغة للطالب أو للمهندس الممارس أداة لجمع، وفي صفحة عمل واحدة، المعلومات اللازمة لتحديد التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF وتقييم النتائج المالية بعد حسم الضرائب لاستثمار رأس المال المُقترح بوجه صحيح. واستُخدم (الشكل 5.6) في أمثلة متعدّدة. والتحدّي الآن للطالب هو استخدام صفحة العمل هذه في تنظيم معطيات التمارين الواردة في نهاية هذا الفصل، وفي نهاية الفصول اللاحقة، وفي الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بربحية المشاريع المُقترحة بعد حسم الضرائب.

16.6 مراجع

AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH COMPANY, Engineering Department. *Engineering Economy*, 3rd ed. (New York: American Telephone and Telegraph Company, 1977).

ARTHUR ANDERSEN & CO. *Tax Reform 1986: Analysis and Planning*, Subject File AA3010, Item 27. St. Louis, Mo., 1986.

COMMERCE CLEARING HOUSE, INC. *Explanation of Tax Reform Act of 1986*. Chicago, 1987.

LASSER, J. K. *Your Income Tax* [New York: Simon & Schuster (see the latest edition)].

U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY. *Tax Guide for Small Business*, IRS Publication 334, Washington, DC: U.S. Government Printing Office (revised annually).

—. *Depreciating Property Placed in Service Before 1987*, IRS Publication 534, Washington, DC: U.S. Government Printing Office (revised annually).

—. *Sales and Other Dispositions of Assets*, IRS Publication 544, Washington, DC: U.S. Government Printing Office (revised annually).

—. *Investment Income and Expenses*, IRS Publication 550, Washington, DC: U.S. Government Printing Office (revised annually).

—. *Basis of Assets*, IRS Publication 551, Washington, DC: U.S. Government Printing Office (revised annually).

—. *Tax Information on Corporations*, IRS Publication 542, Washington, DC: U.S. Government Printing Office (revised annually).

—. *How to Depreciate Property*, IRS Publication 946, Washington, DC: U.S. Government Printing Office (revised annually).

17.6 المسائل

يُشير العدد المبيّن بين هلالين ( ) بعد كل مسألة إلى الفقرة التـــي أُخذت المسألة منها.

1.6 كيف تختلف اقتطاعات الاهتلاك عن مصاريف الإنتاج أو الخدمات مثل مصاريف اليد العاملة أو المواد أو الكهرباء؟ (2.6).

2.6 ما هي الشروط التـي يجب أن تتحقّق في الأصل كي يُعدُّ قابلاً للاهتلاك؟ (2.6)

3.6 اشرح الفرق ما بين الأصل الحقيقي أو العقاري والأصل الشخصي؟ (2.6)

4.6 اشرح الفرق ما بين الأصل المادي وغير المادي؟ (2.6)

5.6 اشرح كيفية تحديد أساس الكلفة لأصل قابل للاهتلاك؟ (2.6)

6.6 ما هو اقتطاع الاهتلاك، مستخدماً كل طريقة من الطرق التالية، للسنة الثانية لأصل كلفته 35,000$ وقيمته الرّائجة في السوق MV في نهاية السنة السابعة من عمره المجدي تُقدَّر بـــ 7,000$؟ افترض أن فئته العمرية حسب نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS هي سبع سنوات.

آ. طريقة بمجموع أرقام السنوات SYD، (ب) طريقة الرصيد المتناقص 200%، (ج) طريقة نظام الاهتلاك العام GDS من نظام (MACRS)، (د) طريقة نظام الاهتلاك البديل ADS (MACRS)، (4.6, 3.6)

7.6 اشترت شركتك شاحنة قاطرة جديدة (أصل من الفئة 00.26)، أساس كلفتها 180,000$ مع خيارات إضافية كلفتها 15,000$، ويؤْخَذُ أساس الكلفة لتحديد الاهتلاك مساوياً 195,000$. وتُقدَّر القيمة الرّائجة في السوق لهذه الآليّة بعد خمس سنوات بـــ 40,000$. افترض أنَّ اهتلاك الآليّة يُحسب وفق نظام الاهتلاك العام GDS و(4.6)

أ. الاهتلاك التراكمي حتـــى نهاية السنة الثالثة أقرب إلى:

$195,000 .1	$187,775 .2	$180,000 .3
$151,671 .4	$180,551 .5	

ب. الاهتلاك في السنة الرابعة وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS أقرب إلى:

$0 .1	$13,350 .2	$14,450 .3
$31,1501 .4	$45,400 .5	

ج. القيمة المحاسبية عند نهاية السنة الثانية أقرب إلى:

$33,000 .1	$36,000 .2	$42,000 .3
$43,000 .4	5. $157,000 .5	

8.6 لماذا يُختارُ نظام الاهتلاك البديل ADS لحساب الاهتلاك عوضاً عن نظام الاهتلاك العام GDS في نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS؟ (4.6)

9.6 اشترت شركة الصفقة الكبيرة "Big-Deal" مفروشات جديدة لمكاتبها بسعر مفرّق قدره: 100,000$ ودفعت إضافة إلى ذلك 20,000$ لقاء التأمين والشحن والتحميل والتفريغ. تتوقع الشركة أن تستخدم المفروشات لمدة 10 سنوات (العمر المجدي = 10 سنوات) ومن ثم تبيع المفروشات بقيمة خلاص (القيمة السوقية) قدرها: 10,000$. (3.6، 4.6). أجب عن الأسئلة من أ إلى ج (ضمن المعطيات المذكورة) مستخدماً طريقة الرصيد المتناقص 200% لحساب الاهتلاك.

أ. ما هي قيمة الاهتلاك خلال السنة الثانية؟

$16,000 (i)	$17,600 (ii)
$24,000 (iii)	$19,000 (iv)

ب. ما هي القيمة المحاسبية للأصل في نهاية السنة الأولى؟

(i) $96,000　　(ii) $86,000

(iii) $88,000　　(iv) $104,000

ج. ما هي القيمة المحاسبية للأصل بعد 10 سنوات؟

(i) $10,000　　(ii) غير معروف

(iii) $12,885　　(iv) $16,106

أجب عن الأسئلة من د إلى و(ضمن المعطيات المذكورة) مستخدماً طريقة نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS.

د. ما هي مدة استرداد (فئة الأصل) الأصل؟

(i) 10 سنوات　　(ii) 7 سنوات

(iii) 5 سنوات　　(iv) 15 سنة

هـــ. ما هي قيمة اهتلاك الأصل للسنة الأولى؟

(i) $17,148　　(ii) $14,290

(iii) $12,000　　(iv) $24,000

و. ما هي القيمة المحاسبية للأصل عند نهاية السنة الثالثة؟

(i) $69,120　　(ii) $52,476

(iii) $73,464　　(iv) $57,600

ز. إذا بيعَ الأصل في نهاية السنة الرابعة، فما هي قيمة الاهتلاك خلال السنة الرابعة؟

(i) $5,352　　(ii) $7,494

(iii) $13,842　　(iv) $14,988

10.6 اشترت إحدى الشركات آلةً بمبلغ $15,000 ودفعت $1,000 ضرائب مبيعات وكلفة شحن و $1,200 تكاليف تركيب، وفي نهاية السنة الثالثة لم يعد للآلة استخدام، فصرفت الشركة $500 لقاء فكّ الآلة، واستطاعت بيعها بمبلغ $1,500. (3.6)

أ. ما هو أساس كلفة هذه الآلة؟

ب. حسبت الشركة اهتلاك الآلة وفق طريقة الخط المستقيم SL مستخدمة عمراً مجدياً تقديرياً قدره خمس سنوات وقيمة خلاص قدرها SV = $1,000. ما هو المبلغ الذي لا تستطيع اقتطاعات الاهتلاك تغطيته من الاهتلاك الفعلي؟

11.6 اشترت شركة إنتاج نفط ووضعت في الخدمة أصلاً للحفر أساس كلفته $60,000 وتُقدَّر قيمته الرّائجة في السوق عند نهاية عمر مجدٍ قدره 14 سنة بـــ $12,000. احسب مبلغ الاهتلاك في السنة الثالثة والقيمة المحاسبية عند نهاية السنة الخامسة من عمره باستخدام كلٍّ من الطرق التالية: (4.6, 3.6).

أ. طريقة الخط المستقيم SL.

ب. طريقة مجموع أرقام السنوات SYD.

ج. طريقة الرصيد المتناقص 200% مع الانتقال إلى طريقة الخط المستقيم.

د. نظام الاهتلاك العام GDS.

هـ. نظام الاهتلاك البديل ADS.

12.6 اشتُريت آلة مسح ضوئي في السنة الضريبية الحالية (السنة الأولى) بمبلغ 150,000$ لتُستخدَمْ في تصوير مخططات هندسية، وتقع في فئة العمر تسع سنوات وفق نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS. وتُقدَّر قيمتها الرّائجة MV عند نهاية العشر سنوات بـ 30,000$. (4.6)

أ. ما هي مدة الاسترداد لهذه الآلة وفق نظام الاهتلاك العام GDS؟

ب. بناءً على الجواب في (أ) ما هو اقتطاع الاهتلاك في السنة الرابعة؟

ج. ما هي القيمة المحاسبية في بداية السنة الخامسة؟

13.6 اشترت شركة Jones للتشييد آلية تشييد (فئة أصل 15.0) أساس كلفتها 300,000$.

أ. حَدِّد اقتطاعات الاهتلاك لهذا الأصل وفقاً لنظام الاهتلاك العام GDS ووفقاً لنظام الاهتلاك البديل ADS. (4.6)

ب. احسب الفرق في القيمة الحاليّة لكلا مجموعتي اقتطاعات الاهتلاك المحسوبة في (أ) إذا كان $i = 12\%$ في السنة. (5.6)

14.6 تكلّف أرضية للعبة البولينغ 500,000$، عمرها المجدي 10 سنوات، وتُقدَّر قيمتها الرّائجة في نهاية العشر سنوات بـ 20,000$.

أ. حَدِّد الاهتلاك للسنوات من 1 إلى 10 مستخدماً: (i) طريقة الخط المستقيم SL، (ii) طريقة الرصيد المتناقص 200% DB، (iii) طريقة نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS (بفئة عمر 10 سنوات حسب نظام الاهتلاك العام GDS). يَحوي الجدول التالي بعض قيم الاهتلاك، أكْمِل هذا الجدول. (5.6)

نهاية السنة	طريقة الخط المستقيم SL	طريقة الرصيد المتناقص DB	طريقة نظام استرداد الكلفة المسرع والمعدل MACRS
1		$100,000	$71,450
2		$80,000	
3			
4			
5			
6		$32,768	$44,600
7		$26,214	$44,650
8			
9			
10	$48,000		

ب. احسب القيمة الحاليّة لاقتطاعات الاهتلاك (عند نهاية السنة صفر) لكلٍّ من الطرق الثلاث. المعدَّل المفضَّل الأدنى للعائد MARR = 10% في السنة.

ج. إذا كان المطلوب في (ب) قيمة حاليّة كبيرة أيٌّ من هذه الطرق مفضَّلة في هذه الحالة؟

15.6 اشترت شركة صيدلانية خلال السنة الضريبية الحاليّة (السنة الأولى) خزّان خلط قيمته العادلة في السوق 120,000$ لاستبدال خزّان خلط قديم وأصغر له قيمة محاسبية قدرها: 15,000$. وبسبب جود حملة ترويج خاصّة، استُبدلَ الخزّان القديم بمقايضته بالخزّان الجديد بسعر نقدي قدره: 99,500$ (متضمّناً كلفة الشحن والتركيب). فئة العمر

لخزّان الخلط الجديد 9.5 سنة وفقاً لنظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS. (4.6, 3.6)

أ. ما هو اقتطاع الاهتلاك في السنة الثالثة حسب نظام الاهتلاك العام GDS؟

ب. ما هي القيمة المحاسبية BV في نهاية السنة الرابعة حسب نظام الاهتلاك العام GDS؟

ج. إذا طُبِّقت طريقة الرصيد المتناقص 200% على هذه المسألة، ما هو الاهتلاك التراكمي حتى نهاية السنة الرابعة؟

16.6 يُحسب اهتلاك آلة ذات استخدام خاص كتابع خطيّ لاستخدامها (طريقة وحدات الإنتاج)، وتكلّف الآلة $25,000 ويُتوقّع أن تُنتج 100,000 وحدة إنتاج ثم تُباع بسعر قدره: $5,000. أنتجت الآلة حتى نهاية السنة الثالثة 60,000 وحدة إنتاج وأنتجت خلال السنة الرابعة 10,000 وحدة. ما هو اقتطاع الاهتلاك للسنة الرابعة وما هي القيمة المحاسبية في نهاية السنة الرابعة؟ (3.6)

17.6 اشتُري منجم ذهب، يُتوقَّع أن يُنتج 30,00 أونسه من الذهب، بمبلغ $2,400,000. يمكن بيع الذهب بسعر $450 للأونسة الواحدة إلاّ أنّ كلفة الاستخراج والمعالجة $265 للأونس. فإذا انتج 3,500 أونسة في هذا العام، فما هو احتياطي النضوب (أ) وحدة النضوب، و(ب) النضوب بطريقة النسبة؟ (6.6)

18.6 اشترت شركة ZARD للمناجم مقلع رخام يحوي تقريباً 900,000 طن من الحجر، بمبلغ $1,800,000، فإذا كان من الممكن بيع 100,000 طن في السنة بسعر بيع وسطي قدره: $8.60 لكل طن، احسب احتياطي النضوب للسنة الأولى باستخدام (أ) طريقة الكلفة، (ب) طريقة النسبة بمعدَّل 5% في السنة، علماً أنَّ دخل شركة ZARD الصافي قبل اقتطاع احتياطي النضوب $350,000. (6.6)

19.6 يُقدَّر احتياطي بئر غاز في أوكلاهوما بـــ 2,000,000 قدم مكعب، أساس كلفته $800,000. اقتُطِعَ خلال السنة الأولى من تشغيله مبلغ $280,000 كاحتياطي نضوب، وفي بداية السنة الثانية من التشغيل أُعيدَ تقييم احتياطي هذا البئر فقُدِّر بـــ 1,400,000 قدم مكعب. ما هي القيمة الجديدة لوحدة النضوب وفق طريقة الكلفة؟ (6.6)

20.6 شركة دخلها الخاضع للضريبة في السنة الضريبية الحالية $90,000، وعائدها الإجمالي الكلي $220,000. أجبْ عن الأسئلة التالية بناءً على هذه المعلومات: (10.6, 7.6)

أ. ما هو المبلغ الذي دُفِعَ كضريبة دخل فيدرالية؟

ب. كم كان الدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT؟

ج. كم كان المبلغ الكلي للمصاريف المُقتطعة (أي المواد واليد العاملة والوقود والفوائد) وكم كانت اقتطاعات الاهتلاك المُطالب بها في السنة الضريبية؟

21.6 بلغت عوائد شركة الاعتماد للصب الآلي $7,800,000، ومصاريف التشغيل $4,900,000، واقتطاعات الاهتلاك $1,200,000 ولاتوجَد أية فوائد على الأموال المُقترضة (11.6, 7.6)

أ. ما هو المبلغ الذي دُفِع كضريبة دخل فيدرالية؟

ب. كم كان الدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT؟

ج. حَدِّد التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF لهذه الشركة.

22.6 تفكِّر شركتك بشراء آلة كبس كبيرة تكلِّف $180,000 إضافة إلى تكاليف شحن وتركيب قدرها $5,000 و$10,000 فيصبح أساس كلفتها $195,000. تُقدَّر قيمتها الرّائجة في السوق MV بعد خمسة سنوات بـــ $40,000.

افترض، للتبسيط، أنَّ فئة الأصل لهذه الآلة ثلاث سنوات حسب نظام الاهتلاك العام ضمن نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS(GDS). يتضمَّن تبرير شراء هذه الآلة اقتصاداً في اليد العاملة قدره: $40,000 سنوياً واقتصاداً في المواد قدره: $30,000 سنوياً. المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد في السنة قبل حسم الضرائب MARR = 20% والمعدَّل الفعَّال لضريبة الدخل 40%. (10.6, 7.6, 4.6)

أ. الدخل الصافي بعد حسم الضرائب NIAT في نهاية السنة الأولى أقرب إلى:

(i) - $13,000 (ii) $3,000 (iii) $23,000

(iv) $68,000 (v) $130,000

ب. الاهتلاك وفقاً لنظام الاهتلاك العام GDS للسنة الرابعة أقرب إلى:

(i) 0 (ii) $13,350 (iii) $14,450

(iv) $31,150 (v) $45,400

ج. القيمة المحاسبية BV في نهاية السنة الثانية أقرب إلى:

(i) $33,000 (ii) $36,000 (iii) $42,000

(iv) $43,000 (v) $157,000

د. التدفق النقدي الكلّي في السنة الخامسة قبل حسم الضرائب BTCF (بافتراض بيع الآلة في نهاية السنة الخامسة) أقرب إلى:

(i) $9,000 (ii) $40,000 (iii) $70,000

(iv) $80,000 (v) $110,000

هـ. الدخل في السنة الثالثة الخاضع للضريبة أقرب إلى:

(i) $5,010 (ii) $16,450 (iii) $28,880

(iv) $41,120 (v) $70,000

و. القيمة الحاليّة PW للاقتصاد (بعد حسم الضرائب) الناجم عن الآلة والذي يخصّ اليد العاملة والمواد فقط (بإهمال أساس الكلفة والاهتلاك والقيمة الرّائجة في السوق MV) (باستخدام المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد MARR بعد حسم الضرائب) أقرب إلى:

(i) $12,000 (ii) $95,000 (iii) $151,000

(iv) $184,000 (v) $193,000

ز. افترض أنَّ آلة الكبس ستُستخدم لثلاث سنوات فقط نتيجة لخسارة عدّة عقود مع الدولة، وافترض أن القيمة الرّائجة في السوق في نهاية الثلاث سنوات MV = $50,000. ما هي ضريبة الدخل المدينة في نهاية السنة الثالثة نتيجة لاسترداد الاهتلاك (الرّبح عند الخلاص)؟

(i) $8,444 (ii) $14,220 (iii) $21,111

(iv) $35,550 (v) $20,000

23.6 إذا كان معدَّل ضريبة الدخل الفيدرالية التصاعدية 34% ومعدَّل ضريبة الدخل المحلّيّة التصاعدية 6%، فما هو معدَّل ضريبة الدخل المُدمَج الفعَّال (t)؟ إذا كانت ضرائب الدخل المحلّيّة تساوي: 12% من الدخل الخاضع للضريبة، فما هي

قيمة (t)؟ (8.6)

24.6 قدَّرت شركة في السنة الضريبية الحاليّة دخلَها الخاضع للضريبة بـــ $57,000، ولدى الشركة فرصة للاستثمار في مشروع يُتوقَّع أن يُضيف $8,000 إلى دخلها الخاضع للضريبة. ما هو مبلغ الضريبة الفيدرالية المدينة به الشركة بوجود وبعدم وجود المشروع المُقترح؟ (8.6)

25.6 حدِّد العائد بعد حسم الضريبة (أي معدَّل العائد الداخلي IRR للتدفق النقدي بعد حسم الضريبة ATCF) الذي يمكن أن يحصَل عليه فرد اشترى سنداً قيمته الاسمية: $10,000 يُستردُّ بعد 10 سنوات بفائدة اسمية 10% ضمن المعطيات التالية:

- تُدفَعُ الفوائد كل نصف سنة، واشتُريَ السند من صاحبه السابق الذي تسلّم قبل البيع مباشرة الدفعة الخامسة من الفوائد.
- كان ثمن شراء السهم من صاحبه السابق: $9,000.
- جميع العوائد (متضمنة الأرباح الرأسمالية) تُحمَّلُ ضريبة دخل بمعدَّل 28%.
- يُحتفظُ بالسند لحين استرداده من قبل مُصدِّره.

26.6 يفكِّرُ مهندسو شركة كبيرة لتصنيع الألمنيوم باستبدال الإكسسوارات الحالية البلاستيكية لأنابيب تجهيزات الصّهر بواسطة الكلور بإكسسوارات نحاسية بسبب عمرها الأطول إلاَّ أنَّها أغلى من ناحية التكاليف. يبيّن الجدول التالي مقارنة من ناحية الاستثمار الرأسمالي و العمر وقيم الخلاص للبديلين الاستبعاديين اللذين هما في قيد الدراسة:

	(A) بلاستيك	(B) نحاس
رأس المال المستثمر	$5,000	$10,000
العمر المجدي (فئة العمر)	5 سنوات	10 سنوات
قيمة الخلاص لأغراض الاهتلاك	$ 1,000 (= SV_5)	$ 5,000 (= SV_{10})
المصاريف السنوية	$300	$100
القيمة السوقية في نهاية العمر أو المفيد	$0	$0

حُسبت مبالغ الاهتلاك بطريقة الخط المستقيم SL، وبافتراض أنَّ معدَّل ضريبة الدخل: 40% وأنَّ المعدَّل المفضَّل الأدنـى للعائد بعد حسم الضرائب: 12% في السنة. أيٌّ من إكسسوارات الأنابيب ستُختار ولماذا؟ حدِّد جميع الافتراضات التـــي اعتمدتها في إجراء هذا التحليل. (11.6, 10.6)

27.6 تُصنَّع حالياً خزّانات حفظ المواد الكيميائية المسبِّبة للصدأ من مادة Z26. والاستثمار الرأسمالي في خزّان من هذا النوع: $30,000 وعمره المجدي: 8 سنوات. تَستخدم شركتك التـــي تُصنِّع مكّونات إلكترونية نظام الاهتلاك البديل ADS وفق نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS لحساب اقتطاعات الاهتلاك لهذه الخزّانات. القيمة الرّائجة الصافية لهذه الخزّانات عند نهاية عمرها المجدي تساوي الصفر. وعندما يُصبح عمر الخزّان أربع سنوات يجب إعادة تلبيسه من الداخل بكلفة قدرها: $10,000، ولا تخضع هذه الكلفة للاهتلاك وإنّما يُطالَبُ بها كمصاريف خلال السنة الرابعة.

يمكن، عوضاً عن الشراء، استئجار الخزّانات بعقد مدّته تصل إلى 20 عاماً. فإذا كان المعدَّل المفضَّل الأدنـــى

للعائد لشركتك MARR = 12% في السنة، فما هو أكبر مبلغ سنوي يمكنك دفعه أجرة للخزّان دون أن يكون خيار الشراء أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية ؟ المعدّل الفعّال لضريبة دخل شركتك: 40%. حَدِّد الافتراضات التـي اعتمدها. (10.6, 4.6)

28.6 يُدرسُ في شركة مصنّعة نوعين من التثبيت في عملية مُحددة، و(الجدول P6.28) يُلخِّص المعلومات المتعلّقة بهذين النوعين.

الجدول P6.28: جدول المسألة 28.6

	اكسوار X	اكسوار Y
رأس المال المستثمر	$30,000	$40,000
مصاريف التشغيل السنوية	$3,000	$2,500
العمر المفيد أو المجدي	6 سنوات	8 سنوات
القيمة السوقية	$6,000	$4,00
طريقة احتساب الاهتلاك	طريقة الخط المستقيم بقيمة دفترية تساوي الصفر بعد خمس سنوات	طريقة نظام استرداد الكلفة المسرع والمعدل (نظام الاهتلاك العام MACRS (GPS) بمدة استرداد خمس سنوات

المعدّل الفعّل لضريبة الدخل الفيدرالية والمحليّة: 50%. واسترداد الاهتلاك خاضع للضريبة بمعدّل: 50%. فإذا كان المعدّل المفضّل الأدنـى للعائد بعد حسم الضريبة: MARR = 8% في السنة، فأيّ النوعين من التثبيت يُنصحُ به؟ حَدِّد الافتراضات الهامّة التـي اعتمدها في تحليلك. (10.6)

29.6 تتوقع شركة في السنوات القادمة دخلاً سنوياً خاضعاً للضريبة يَقعُ ضمن الشريحة الضريبية بين $100,000 و $335,000. اقُترحَ مشروع جديد يرفع العوائد بمقدار $30,000 ويزيد من كلفة المبيعات بمقدار $10,000 سنوياً. فإذا كان المشروع الجديد يحتاج إلى استثمار رأس مال قدره: $50,000، وقيمة المشروع الرّائجة في السوق MV تساوي الصفر عند نهاية عمره المُقدّر بست سنوات، فما هو معدّل العائد الداخلي IRR بعد دفع ضرائب الدخل الفيدرالية؟ افترض عدم وجود ضرائب محليّة مستخدماً نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدّل MACRS (بمدة استرداد وفق نظام الاهتلاك العام GDS قدرها خمس سنوات) (10.6, 8.6, 4.6)

30.6 آلتان بديلتان تنتجان المُنتَج نفسه، لكن إحداهما قادرة على توفير نوعية عمل أعلى ينجم عنه عائد أكبر. الجدول التالي يبيّن المعلومات المتعلّقة بهاتين الآلتين: (10.6)

	الآلة A	الآلة B
الكلفة الأولية	$20,000	$30,000
العمر	$12 سنة	8 سنوات
القيمة الدفترية النهائية (القيمة السوقية)	$4,000	$0
المقبوضات أو المستحقات السنوية	$150,000	$188,000
المصاريف السنوية	$138,000	$170,000

حَدِّد أيّ البديلين أفضل، مستخدماً طريقة الخط المستقيم SL، ومعدّل ضريبة دخل: 40%، و10% كمعدّل مفضّل أدنـى للعائد معتمداً الطرق التالية: (16.6)

أ. القيمة المكافئة السنوية.

ب. القيمة الحالية.

ج. معدّل العائد الداخلي.

31.6 شركة عليها أن تختار بين نظامين للتصميم S1 وS2، ويبيّن الجدول المرفق المعلومات المتعلّقة بهذين النظامين، حيث استُخدِم معدّل فعّال لضريبة الدخل: 40% ونظام الاهتلاك العام GDS لحساب الاهتلاك. فإذا كان المعدّل المرغوب للعائد على الاستثمار بعد حسم الضرائب يساوي: 10%، فأيّ النظامين يجب اختياره؟ حَدِّد الافتراضات التي اعتمدتها. (10.6)

	التصميم	
	S1	S2
رأس المال المستثمر	$100,000	$200,000
مدة الاسترداد حسب نظام الاهتلاك العام (GPS) بالسنوات	5	5
العمر المجدي أو المفيد (بالسنين)	7	6
	$30,000	$50,000
الإيرادات السنوية بعد اقتطاع المصاريف خلال العمر المجدي	$20,000	$40,000

32.6 اقتُرِحَتْ طريقتان بديلتان I وII لتشغيل معمل، والجدول التالي يبيّن معلومات المقارنة:

حَدِّد أيّ من البديلين أفضل وذلك بناءً على تحليل الكلفة السنوية بعد اقتطاع الضرائب بمعدّل فعّال لضريبة الدخل قدره: 40% ومعدّل مفضّل أدنى للعائد بعد اقتطاع الضرائب: MARR = 12% مستخدماً الطرق التالية لحساب الاهتلاك (10.6)

أ. طريقة الخط المستقيم SL.

ب. طريقة نظام استرداد الكلفة المسرع والمعدّل MACRS.

	الطريقة I	الطريقة II
رأس الناس المستثمر	$10,000	$40,000
العمر المجدي أو المفيد	5 سنوات	10 سنوات
القيمة السوقية عند النهاية	$1,000	$5,000
المصاريف السنوية		
اليد العاملة	$12,000	$4,000
طاقة	$250	$300
إيجار	$1,000	$500
صيانة	$500	$200
ضريبة عقارات وتأمين	$400	$2,000
مجموع المصاريف السنوية	$14,150	$7,000

33.6 تستطيع شركتك شراء آلة بمبلغ $12,000 لاستبدال آلة مُستأجرة. تكلّف الآلة المُستأجرة $4,000 سنوياً. والعمر المجدي للآلة التي تفكّر بها ثماني سنوات، وقيمتها الرّائجة في السوق عند نهاية عمرها المجدي MV = $5,000. ما هي الزيادة في مصاريف التشغيل سنوياً التي تُبقي على عائد سنوي قدره: 10% بعد اقتطاع الضرائب؟ الشريحة الضريبية للشركة: 40%، والعوائد الناجمة عن أيٍّ من الآلتين متماثلة. افترض أن نظام الاهتلاك البديل MACRS (ADS) يُستخدم في استرداد الاستثمار في هذه الآلة، ومدة الاسترداد وفق نظام الاهتلاك البديل ADS تساوي خمس

سنوات (10.6, 4.6)

34.6 يمكن شراء وتركيب آلة حقن لصنع القوالب بمبلغ: $90,000. الآلة من فئة أصل سبع سنوات وفق نظام الاهتلاك العام، ويُتوقَّع أن تبقى الآلة في الخدمة مدة ثمانـــي سنوات، ويُعتقد أنّه يمكن الحصول على $10,000 ثمناً للآلة عند الخلاص منها في نهاية السنة الثامنة. إنّ *القيمة المضافة* السنوية الصافية (أي العوائد محسوماً منها المصاريف) العائدة لهذه الآلة ثابتة على مدار الثمانـــي سنوات وتساوي: $15,000. تَستخدم الشركة معدَّلاً فعَّالاً لضريبة الدخل قدره: 40% ومعدَّلاً مفضَّلاً أدنـــى للعائد بعد حسم الضرائب MARR = %15 في السنة. (10.6, 4.6)

أ. ما هي القيمة التقريبية لمعدَّل العائد MARR للشركة قبل حسم الضرائب؟

ب. حَدِّد مبالغ الاهتلاك وفق نظام الاهتلاك العام GDS بدءاً من السنة الأولى وحتـــى السنة الثامنة.

ج. ما هو الدخل الخاضع للضريبة في نهاية السنة الثامنة المتعلق باستثمار رأس المال.

د. نَظِّم جدولاً واحسب التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF لهذه الآلة.

هـ. هل يُنصَح بشراء الآلة؟

35.6 اشترت شركتك آلة (بمبلغ $50,000) تُخفِّض تكاليف المواد واليد العاملة بمقدار $14,000 في السنة لمدة N سنة. وبعد N سنة لن يكون هناك حاجة لهذه الآلة. وبسبب تصميمها الخاصّ، فإنّ قيمتها الرّائجة في أي وقت تساوي الصفر. وتَفرضُ مؤسّسة العائد الداخلي IRS عليك حساب الاهتلاك بطريقة الخط المستقيم SL باستخدام عمر ضريبـــي قدره: خمس سنوات. فإذا كان المعدَّل الفعَّال لضريبة الدخل يساوي: 40%، فما هو الحد الأدنـــى لعدد السنوات التـــي على شركتك تشغيل الآلة للحصول على 10% في السنة كعائد على الاستثمار بعد حسم الضرائب. (10.6)

36.6 يمكن تصميم عملية التصنيع وفق درجات مختلفة من الأتمتة. ويبيّن الجدول التالي معلومات الكلفة المتعلّقة بذلك:

Degree	First Cost	Annual Labor Expense	Annual Power and Maintenance Expense
A	$10,000	$9,000	$ 500
B	14,000	7,500	800
C	20,000	5,000	1,000
D	30,000	3,000	1,500

حَدِّد الدرجة الفضلى عن طريق التحليل بعد حسم الضرائب مستخدماً معدَّل ضريبة دخل قدره: 40%، ومعدَّل مفضَّل أدنـــى للعائد MARR = 15%، وطريقة الخط المستقيم لحساب الاهتلاك. افترض أنّ عمر كل درجة من الأتمتة خمس سنوات، وليس لها قيمة محاسبية أو قيمة رائجة عند نهاية العمر المجدي. استخدم الطرق التالية: (10.6)

أ. القيمة المكافئة السنوية.

ب. القيمة الحاليّة.

ج. معدَّل العائد الداخلي.

37.6 تتعلق المعلومات التالية بمشروع مُقترح لإنتاج مُنتَج خاصّ يُتوقَّع أنّ عمر مبيعاته في السوق قصير:

- الاستثمار الرأسمالي: $1,000,000 (متضمناً الأرض ورأس المال العامل).

• كلفة الأصل الخاضع للاهتلاك: 420,000$، وهي جزء من الكلفة الإجمالية التقديرية للمشروع (1,000,000$).
• افترض أنَّ الأصل يقع في فئة الثلاث سنوات وفق نظام الاهتلاك العام MACRS(GDS).
• مدة التحليل ثلاث سنوات.
• مصاريف التشغيل والصيانة في السنة الأولى تساوي 636,000$، وتزداد بعد ذلك بمعدَّل 6% في السنة (راجع الميل الهندسي في الفصل 3).
• تُقدَّر القيمة الرّائجة في السوق للأصل في نهاية السنة الثالثة بـــ 280,000$.
• معدَّل ضريبة الدخل الفيدرالية: 34%، ومعدَّل ضريبة الدخل المحلّية: 4%.
• المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد بعد حسم الضرائب MARR = 10% في السنة.

بناءً على التحليل بعد حسم الضرائب باستخدام طريقة القيمة الحاليّة PW، ما هو الحد الأدنـــى للعائد السنوي الثّابت اللازم لتبرير المشروع اقتصادياً؟ (11.6, 10.6)

38.6 تحتاج شركتك إلى بعض معدّات جديدة للإنتاج للسنوات القادمة. طُلِبَ منك القيام بدراسة بعد حسم الضرائب لخيار الاستئجار. والمعلومات اللازمة للدراسة على النحو التالي:

تكاليف الاستئجار: 80,000$ للسنة الأولى، و60,000$ للسنة الثانية، و50,000$ في السنة لكلٍ من السنة الثالثة وحتـــى السنة السادسة. افترض أنَّ جهة تأجير عرضت عقداً لمدة ست سنوات تُثبِّت فيه هذه التكاليف على مدار السنوات الست، والتكاليف الأخرى (غير المُغطاة في العقد) تساوي 4,000$ سنوياً، والمعدَّل الفعَّال لضريبة الدخل يساوي 40%.

أ. حدِّد التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب ATCFs لخيار الاستئجار.

ب. إذا كان المعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد بعد حسم الضرائب MARR = 8%، فما هو AW لبديل الاستئجار (11.6, 10.6)

39.6 تستخدم الصناعاتُ المنفردة الطّاقة بطريقة فعَّالة واقتصادية قدر الإمكان، وهناك العديد من الحوافز لتحسين مردود استهلاك الطّاقة. أحد هذه الحوافز تخفيض الزمن المَسموح لإلغاء الكلفة الأساسية من السجلات المحاسبية عند شراء تجهيزات أكثر مردوداً من ناحية استهلاك الطّاقة. يُمثِّل رفع سعر الطّاقة عن طريق ضريبة الطّاقة حافزاً آخر.

لتوضيح هذين الحافزين، نأخذ حالة اختيار مضخّة طاردة مركزياً جديدة تُدار بمحرك لتعمل في مصفاة مدة 8,000 ساعة في السنة. تُكلِّف المضخّة A: 1,600$ وتستهلك 10hp ومردودها العام: 65% (تعطي 6.5hp). والبديل الآخر هو المضخّة B، تُكلّـــف 1,000$، وتســـتهلك 13hp، ومردودها العام 50% (تعطي 6.5hp). لاحـــظ أنّ: 1 hp = 0.746 kW.

احسب العائد الداخلي على الاستثمار الإضافي في المضخّة A بعد حسم الضرائب، بفرض أن المعدَّل الفعَّل لضريبة الدخل: 40%، والعمر المجدي ADR 10 سنوات [للجزء (أ) و (ج) فقط]، والقيم الرّائجة في السوق تساوي الصفر، وتُستخدَم طريقة الخط المستقيم SL لحساب الاهتلاك لكل من هذه الحالات: (10.6)

أ. كلفة الكهرباء: $0.04/kWh.

ب. يُسمح بخمس سنوات مدة اهتلاك لاسترداد الكلفة الأساسية، العمر المُتوقَّع لكل من المضخّتين 10 سنوات، وكلفة الكهرباء: $0.04/kWh.

ج. أعدْ الجزء (أ) ولكن بكلفة كهرباء قدرها: $0.07kWh.

40.6 تُفكِّر شركة AMT بشراء آلة تصوير رقمية للحفاظ على مواصفات التصميم عن طريق تغذية محطّة العمل الهندسية بصور رقميّة حيث تُضاف ملفات التصميم بمعونة الحاسب إلى هذه الصور. يُلاحظ فرق في هذه العملية بين الخيالين فيُصحَّح من قبل مهندسي التصميم (12.6)

أ. طلبت الإدارة منك *تحديد القيمة الحاليّة للقيمة المضافة اقتصادياً (EVA)* لهذه الآلة بافتراض التقديرات التالية: الاستثمار الرأسمالي: $345,000، والقيمة الرّائجة في السوق في نهاية السنة السادسة: $120,000، والعوائد السنوية: $120,000، والمصاريف السنوية: $8,000، وعمر الآلة: 6 سنوات، والمعدَّل الفعّال لضريبة الدخل: 50%، والمعدَّل المفضَّل الأدنـــى للعائد بعد حسم الضرائب MARR = 10% في السنة. يُستخدم نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS لحساب الاهتلاك لمدة استرداد: 5 سنوات.

ب. احسب القيمة الحاليّة PW للتدفق النقدي للآلة ATCF بعد حسم الضرائب. هل جوابك في الجزء (أ) يطابق جوابك في الجزء (ب)؟

41.6 عُدْ إلى المثال 6-17 بيّن أنّ القيمة المكافئة الحاليّة لمبالغ القيمة المضافة اقتصادياً السنوية (EVA) من الآلية الجديدة هي نفس القيمة الحاليّة لمبالغ التدفقات النقدية بعد حسم الضرائب ATCF ($17,208) المُبيّنة في (الجدول 6.6) (12.6, 11.6)

42.6 أعدْ المثال 21.6 مستخدماً نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS لحساب الاهتلاك (افرض فئة أصل ثلاث سنوات) بدلاً من طريقة الخط المستقيم SL. (12.6)

43.6 تحاول شركة خشب الشجرة الخضراء تقييم ربحية إضافة خط آخر لقطع الأشجار لعملياتها الحاليّة. ستحتاج لهذا الخط شراء هكتارين من الأرض بقيمة $30,000 وستُكلّف التجهيزات $130,000 يمكن حساب اهتلاكها على مدة استرداد قدرها خمس سنوات باستخدام نظام استرداد الكلفة المسرَّع والمعدَّل MACRS. يُتوقَّع أن يزداد العائد الإجمالي بـــ $50,000 في السنة لمدة خمس سنوات، وستكون مصاريف التشغيل السنوية: $15,000 على مدار الخمس سنوات. ويُتوقَّع إغلاق خط القطع هذا بعد خمس سنوات. المعدَّل الفعّال لضريبة الدخل لهذه الشركة: 50%. فإذا كان معدَّل العائد للشركة بعد حسم الضرائب: 5% في السنة، هل هذا الاستثمار مجدٍ؟ (10.6)

44.6 عُدْ إلى (الشكل 3.6) ومثال النضوب (الجدول 10.6)، وافترض أنّه في السنة السادسة إلى السنة العاشرة من تشغيل البئر يُمكن بيع الماء الحارّ بسعر $0.22 لكل غالون ويمكن بيع 1,000,000 غالون في السنة، وافترض أنّ احتياطي النضوب 22%. تتوقع الشركة دخلاً صافياً قبل اقتطاع احتياطي النضوب قدره: $80,000 في السنة (العمود 4 في الجدول 10.6). فإذا بقي المعدَّل الفعّال لضريبة الدخل مساوياً 40%، حَدِّد التدفق النقدي الصافي بعد حسم الضرائب في السنوات السادسة إلى السنة العاشرة. (13.6)

45.6 يُقدَّر حجم الرواسب المعدنية في منطقة وايومينغ Wyoming بـــ 1,000,00 طن من الفلذّات المعدنية نسبة احتياطي نضوبها 22%. قامت شركة مناجم بتوظيف استثمار أوّلي قدره: $40,000,000 لاستخراج الفلذّ من هذه المنطقة. إنّ القيمة الرّائجة لهذا الفلذّ: $175 لكل طن، الحد الأدنـــى الجواب للعائد للشركة بعد حسم الضرائب: MARR = 12% في السنة، والمعدَّل الفعّال لضريبة دخلها: 40%. ويُقدَّر أن يُباع 100,000 طن من الفلذّ سنوياً، وتُقدَّر مصاريف التشغيل، باستثناء اقتطاعات النضوب، بـــ $9,000,000 سنوياً. (13.6)

أ. حَدِّد التدفق النقدي بعد حسم الضرائب ATCF لهذا المشروع باستخدام طريقة النسبة لحساب النضوب (أو طريقة الكلفة إن كانت ملائمة).

ب. حَدِّد القيمة الحاليّة PW للتدفق النقدي ATCF المحسوب في (أ).

46.6 تحتاج شركة ألن العالمية لصناعة الكيماويات **Allen International** إلى آلة جديدة للعمل في إنتاج طلبية كبيرة يستغرق إنتاجها ثلاث سنوات، حيث تُباع الآلة في نهاية هذه المدة. تسلّمتْ شركة ألن عرضين من موردين:

الكلفة الأوليّة في العرض I تساوي $180,000، وقيمة الخلاص التقديرية في نهاية الثلاث سنوات: $50,000، وتُقدَّر كلفة التشغيل والصيانة بـ $28,000 في السنة. أما الكلفة الأوليّة في العرض II فتساوي $200,000، وقيمة الخلاص التقديرية في نهاية الثلاث سنوات: $60,000، وتُقدَّر كلفة التشغيل والصيانة بـ $17,000 في السنة. تدفع الشركة ضريبة دخل بمعدَّل 40% على الدخل العادي وبمعدَّل 28% على استرداد الاهتلاك. يُحسَبُ اهتلاك الآلة وفق نظام الاهتلاك العام MACRS – GDS (فئة أصل 28.0). تستخدم الشركة للتحليل الاقتصادي بعد حسم الضرائب MARR = 12% وتخطِّط لقبول العرض الأقل كلفة. (10.6)

للقيام بالتحليل بعد حسم الضرائب لتحديد الآلة المناسبة، عليك:

آ. تحديد مدة الدراسة.

ب. بيان جميع الأرقام اللازمة لدعم استنتاجاتك.

ج. تحديد ما يجب على الشركة القيام به.

طرق تقدير الكلفة

أهداف هذا الفصل (1) مناقشة الطريقة المتكاملة المستخدمة في تحديد التدفقات النقدية للبدائل التـي حُللت خلال الدراسة و(2) وصف وتوضيح الطرق المختارة التـي ستكون مفيدة في الوصول إلى تلك التقديرات.

نناقش في هذا الفصل المواضيع التالية:

تحديد التدفقات النقدية بالطريقة المتكاملة

تعريف بنية تقسيم العمل Work Breakdown Structure WBS

بنية الإيراد والكلفة

طرق (نماذج) التقدير Estimating Techniques

تقدير الكلفة البارامترية Parametric Cost Estimating

وصف تأثير منحنـي التعلم

تقدير الكلفة خلال مرحلة التصميم

تقدير التدفقات النقدية لمشروع نموذجي صغير

1.7 مقدمة

ناقشنا في الفصل الأول إجراءات التحليل الاقتصادي الهندسي من خلال الخطوات السبع الآتية:

1. إدراك المشكلة وصياغتها.
2. تحديد البدائل الممكنة.
3. تحديد التدفق النقدي الصافي (والنتائج الأخرى المحتملة) لكل بديل.
4. اختيار المعيار (أو المعايير) لتحديد البديل المفضَّل.
5. تحليل ومقارنة البدائل.
6. اختيار البديل المفضَّل.
7. مراقبة الأداء وتقييم لاحق للنتائج.

وضِّحَت في الفصول من 3 إلى 6 المنهجية اللازمة لإنجاز الخطوات 4 و5 و6. ونعود في هذا الفصل إلى الخطوة 3.

يُعَدُّ تقدير التدفقات النقدية المستقبلية للبدائل الممكنة خطوةً حرجة وحسَّاسة في إجراء التحليل لأن دراسات الاقتصاد الهندسي تتعامل مع نتائج تمتد إلى المستقبل. ويُعَدُّ القرار المبنـي على التحليل سليماً اقتصادياً، وإلى درجة ما، فقط إذا كانت تقديرات الإيراد والكلفة تمثِّلُ ما سيحدث في المستقبل.

حُدِّدَت في الخطوة الأولى من إجراءات التحليل الحاجة لإجراء التحليل، وعُرِّفَت المسألة (تحسين الفرصة المتاحة،

مشروع تصميم، مشروع جديد... الخ) تعريفاً صريحاً، وحُدِّدَت النتائج المرغوبة ونتائج أخرى بصيغة غايات وأهداف، ووُصِفَت الشروط الخاصة والقيود الواجب تحقيقها. ثم اختيرت، في الخطوة 2، البدائل الممكنة التـي ستُحَلَّل بالاستفادة من الدراسة الاقتصادية الهندسية وَوُصِفَت باستخدام مفهوم النظم.

وهكذا، تكون *البدائل* المزمع تحليلها في الخطوة 3، قد جرى *اختيارها بالفعل وأُلقِيَ الضوء على الفروق بينها* وتوفر أول خطوتين معلومات أخرى هامة (النتائج التـي يجب الحصول عليها والمتطلبات الواجب توفيرها) ضرورية لإجراء التحليل.

يمثِّلُ تطبيق المبادئ والمنهجية التـي يتعرض لها هذا الفصل جزءاً هاماً من ممارسة مهنة الهندسة. واستُخدم مشروع بناء تجاري كأساس لبعض الأمثلة في الفصل 7، وكان من الممكن، لهذا الغرض، اختيار أي مشروع هندسي آخر، مثل مشروع توسع معمل معالجة كيميائية، أو مشروع تصميم مركز توزيع كهرباء.

2.7 الطريقة المتكاملة

يوضِّح (الشكل 1.7) الطريقة المتكاملة لتحديد التدفقات النقدية الصافية للبدائل الممكنة لمشروع ما (الخطوة 3). وسنستخدم مصطلح مشروع للدلالة على العمل الخاضع للتحليل. تتضمن الطريقة المتكاملة ثلاثة مكونات رئيسية:

1. *بنية تقسيم العمل* *Work Breakdown Structure (WBS)*: وهي طريقة للتحديد الصريح عند مستويات متتابعة من التفصيل، لعناصر عمل مشروع ما والعلاقات المتبادلة بينها (وتسمى أحياناً: بنية عناصر العمل work element structure).
2. *بنية الإيراد والكلفة (تصنيف)* *Cost and revenue structure (classification)*: وهي توصيف لأنواع وعناصر الكلفة والإيراد بغرض تقدير التدفقات النقدية عند كل مستوى من مستويات بنية تقسيم العمل WBS.
3. *طرق التقدير (نماذج)* *Estimating techniques (models)*: تُستَخدَم النماذج الرياضية المختارة لتقدير الكلف والإيرادات المتحققة في المستقبل خلال مدة التحليل.

تكوِّن المكونات الثلاثة هذه مع خطوات المراحل المتكاملة أسلوباً منظَّماً لتحديد التدفقات النقدية للبدائل.

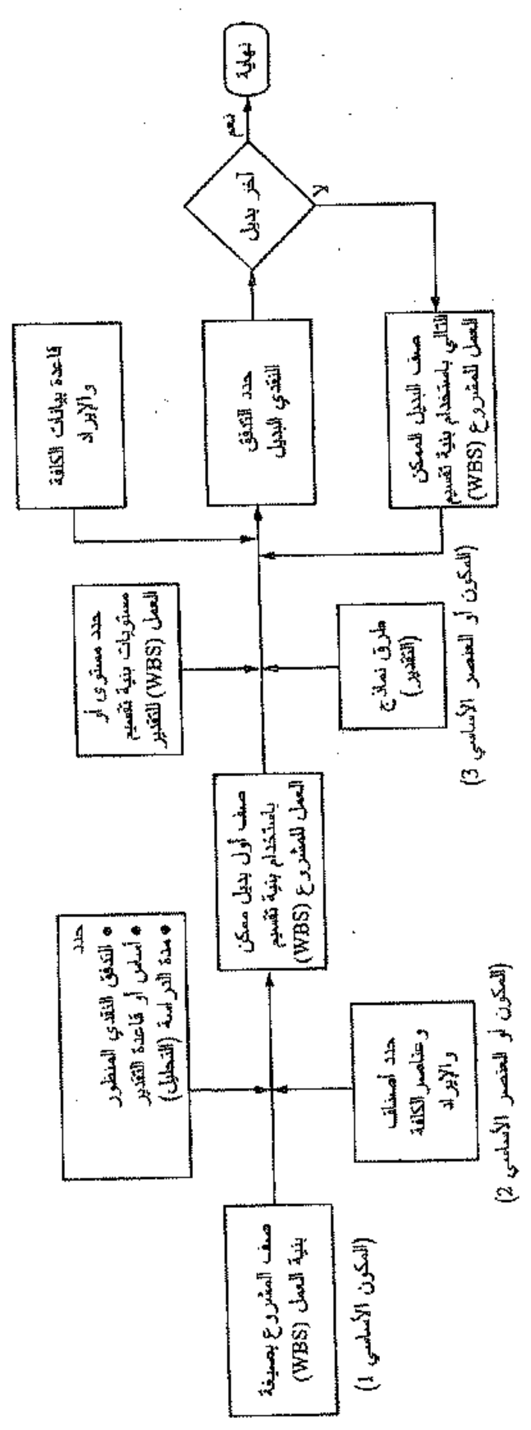
تبدأ الطريقة المتكاملة، كما هو موضَّح في (الشكل 1.7)، بوصف المشروع عن طريق تقسيم العمل فيه، حيث تُستَخدَم بنية تقسيم العمل WBS لوصف المشروع والميزات الخاصة لكل بديل من حيث التصميم ومتطلباته من المواد واليد العاملة وغيرها. وتؤثر الفروق بين البدائل من حيث التصميم ومتطلباتها من الموارد والصفات الأخرى المميزة في تقدير الكلف والإيرادات المستقبلية (التدفق النقدي الصافي) لذلك البديل.

يجب، عند تقدير الإيرادات والكلف المستقبلية لأي بديل، تحديد وجهة النظر للتدفق النقدي وأساس التقدير ومدة التحليل. وتُحَدَّد التدفقات النقدية عادة من وجهة نظر مالك المشروع.

يمثل التدفق النقدي الصافي لبديلٍ ما تقديراً لما سيحدث للإيرادات والكلف المستقبلية لهذا البديل من وجهة النظر المعتمدة. لذلك فإن التغيرات المقدَّرة لإيرادات وكلف البديل تنسب إلى أساس التقدير المستخدم بأسلوب منسجم لمقارنة جميع البدائل. ويُحَدَّد هذا الأساس ويُطَبَّق بإحدى الطريقتين التاليتين:

الطريقة الأولى *أسلوب الإيراد الكلي والكلفة الكلية* *total revenue and cost approach*: أي اعتمادٌ صريح لبديل

عدم التغيير للوضع الحالي (عدم فعل شيء) ضمن مجموعة البدائل وتقدير الإيرادات والكلف الكلية لهذا البديل، لذلك عند استخدام أسلوب الإيراد الكلي والكلفة الكلية، فإن التدفق النقدي الصافي لبديل عدم التغيير يمثل الإيرادات والكلف المقدَّرة المستقبلية للوضع الحالي. وبالمثل يُقدَّر التدفق النقدي الصافي أيضاً للبدائل الممكنة الأخرى.



الشكل 1.7: الطريقة المتكاملة لتحديد التدفقات النقدية للبدائل

الطريقة الثانية المستخدمة عادة هي *الطريقة التفاضلية differential approach*: باستخدام هذه الطريقة يُعطى التدفق النقدي لبديل عدم التغيير قيمة الصفر سواء أكان هذا البديل أحد البدائل الممكنة أو لم يكن. والتدفق النقدي لكل بديل

من البدائل الممكنة الأخرى يمثل في هذه الحالة الفروق (التغيرات) المقدَّرة للإيرادات والكلف لهذه البدائل المتعلقة بالوضع الحالي (بديل عدم التغيير).

يجب، عند استخدام أيٍّ من أسس التقدير في الدراسة، تطبيق الأساس على جميع البدائل الممكنة بأسلوب منسجم. *فالخطأ الشائع هو استخدام كلا الأساسين عند تحديد التدفقات النقدية الإفرادية*. فمثلاً ربما تُستخدم طريقة الإيراد الكلي والكلفة الكلية في تقدير كلف الصيانة لبديل عدم حدوث تغيير ولكن ربما تُقَدَّر هذه الكلف لبدائل أخرى باستخدام الفروق بينها وبين العمليات الحالية.

توجد خطوات ضمن إجراءات الدراسة والتحليل يجب إتمامها قبل تحديد التدفقات النقدية. أولاً، تحديد مستوى أو مستويات التفصيل في تقسيم العمل WBS التـــي ستستخدم في تقدير الإيراد والكلفة. والهدف من الدراسة في هذه الحالة يمثل عاملاً أساسياً في اتخاذ هذا القرار. إذا كانت الدراسة هي تحليل لجدوى المشروع، فإن تقدير الكلفة والإيراد سيكون أقل دقة من التقدير المستخدم في التحليل الاقتصادي التفصيلي لاتخاذ قرار نهائي بخصوص المشروع. (سيُناقش ذلك بتوسع في الفقرة 3.2.7).

يلي ذلك تنظيم المعلومات الخاصة بالكلفة والإيراد من المصادر الداخلية والخارجية للمؤسسة وتجميع المعطيات ذات العلاقة بغية إنجاز الدراسة، ثم استخدام تلك المعطيات مع طرق (نماذج) التقدير المختارة لتطوير التقديرات المطلوبة.

1.2.7 بنية تقسيم العمل

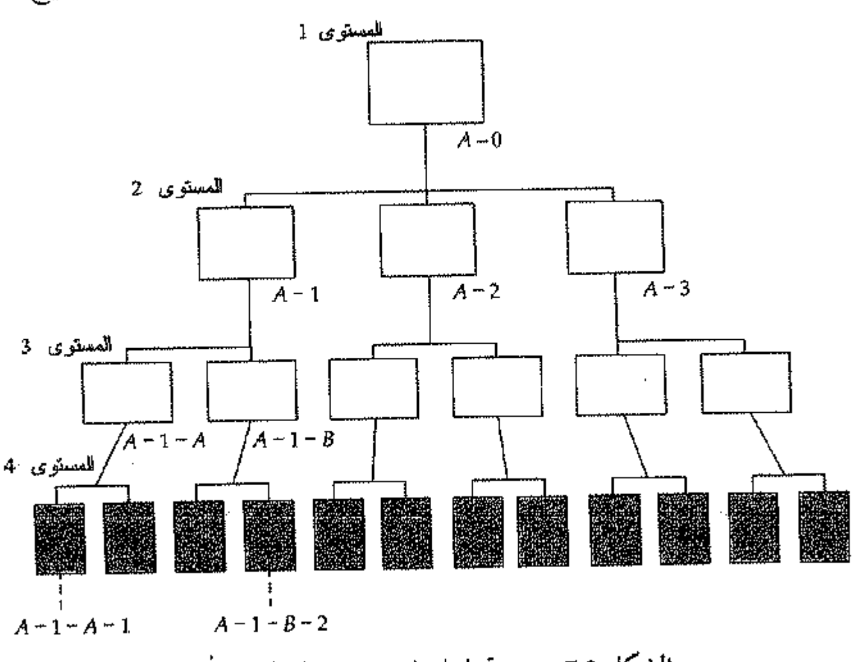
عرَّفنا بنية تقسيم العمل (بنية عناصر العمل) تعريفاً مختصراً في الفقرة 2.7 وذكرنا بالتحديد أنها تمثل أول مكون أساسي للطريقة المتكاملة في تحديد التدفقات النقدية.

تُعَدُّ بنية تقسيم العمل WBS أداة أساسية في إدارة المشاريع لا يُستغنـــى عنها في دراسات الاقتصاد الهندسي؛ فهي توفر إطاراً لتحديد جميع عناصر العمل للمشروع وعلاقاتها المتبادلة، ولتجميع وترتيب المعلومات، ولتحديد المعطيات المتعلقة بالإيراد والكلفة، ولمكاملة نشاطات إدارة المشروع. ففي حال عدم وجود تقسيم للعمل في مشروع ذي حجم منطقي فإن الخطوة الأولى في تحديد التدفقات النقدية للبدائل لهذا المشروع هي تحديد بنية تقسيم العمل فيه.

تُعدُّ بنية تقسيم العمل WBS عنصراً أساسياً للتأكد أن جميع عناصر العمل قد أخذت بالحسبان، ومن حذف التكرار والتداخل ما بين عناصر العمل، وتجنب النشاطات التـــي لا علاقة لها بالمشروع ومنع أخطاء أخرى من الممكن أن تؤثر على الدراسة. يُحضَّر في المشاريع الكبيرة عادة قاموس وصفي لبنية تقسيم العمل للتأكد أن كل عنصر من عناصر العمل في التسلسل الهرمي للمشروع قد حُدِّدَ تحديداً فريداً.

يبين (الشكل 2.7) رسماً لبنية تقسيم العمل بأربعة مستويات من التفصيل حيث حُدِّدَت هذه البنية من الأعلى (مستوى المشروع) إلى الأسفل عبر أربعة مستويات متتابعة من التفصيل. قُسِّمَ المشروع في هذه البنية إلى عناصر عمل رئيسية (المستوى 2)، ثم قُسِّمَت هذه العناصر الرئيسية لتحديد المستوى 3 وهكذا. فالسيارة مثلاً كمشروع (أول مستوى من بنية تقسيم العمل WBS) يمكن أن تُقسَّم إلى مكونات المستوى الثانـــي (أو عناصر العمل) مثل الهيكل القاعدي وجزء التدوير والنظام الكهربائي ومن ثم يمكن تقسيم كل مكون من مكونات المستوى الثانـــي لتحديد عناصر المستوى الثالث. فمثلاً يمكن تقسيم جزء التدوير إلى مكونات المستوى الثالث مثل تقسيمه إلى محرك وعلبة سرعة ومحور نقل الحركة.

وتستمر هذه العملية حتـــى الوصول إلى المستوى المرغوب من التفصيل في تحديد ووصف المشروع.



الشكل 7.2: رسم تخطيطي لبنية تقسيم العمل WBS

تستخدم أنظمة مختلفة للترقيم، الهدف منها الإشارة إلى العلاقات المتبادلة بين عناصر العمل في التسلسل الهرمي ولتسهيل التعامل مع المعطيات وتجميعها. يستخدم النظام الموضح في (الشكل 2.7) الصيغة المحرفية alphanumeric (الأعداد والأحرف)، وتعتمد الأنظمة المستخدمة الأخرى الأعداد - فالمستوى 1 :1-0، المستوى 1:2-1، 1-2، 1-3، المستوى 3: 1-1-1، 1-1-2، 1-2-1، 1-2-2، 1-3-1، 1-3-2، وهكذا (أي بنفس الطريقة التـــي نُظِّمَ فيها هذا الكتاب). إن وصف المستوى (ما عدا المستوى 1) يعادل عادة عدد المحارف التـــي تشير إلى عنصر العمل.

لبنية تقسيم العمل لمشروع ما الخصائص الأخرى التالية:

1. تتضمن بنية تقسيم العمل كل عناصر العمل الوظيفية (مثلاً التخطيط) وعناصر العمل الفيزيائية (مثلاً قاعدة أساس):

(أ) تشمل عناصر العمل الوظيفية النموذجية دعم لوجيستيكي (الإمداد)، إدارة المشروع، التسويق، التصميم ومكاملة أنظمة المشروع.

(ب) أما عناصر العمل الفيزيائية فهي الأجزاء التـــي تشكِّل هيكلاً، أو منتجاً، أو آليةً، أو نظام أسلحة أو أي بند مشابه يتطلب إنتاجه أو إنشاؤه يداً عاملة وموادَّ وموارد أخرى.

2. إن محتوى ومتطلبات الموارد لأي عنصر عمل هو مجموع النشاطات والموارد للعناصر الجزئية التابعة له في التسلسل الهرمي في بنية تقسيم العمل.

3. تتضمن بنية تقسيم العمل WBS عادة عناصر عمل يتكرر حدوثها (مثل الصيانة) وعناصر عمل لا يتكرر حدوثها (التشييد الأولي مثلاً).

المثال 7-1

كُلِّفتَ من قبل شركتك بإدارة مشروع يتضمن تشييد بناء تجاري صغير مؤلف من طابقين، المساحة الإجمالية لكل طابق

15000 قدم مربع. خُصص الطابق الأرضي لمحلات صغيرة للبيع بالتجزئة والطابق الثانـــي للمكاتب. حدِّد المستويات الثلاثة الأولى من بنية تقسيم العمل WBS التـــي تمثل بقدرٍ كافٍ جميع الجهود اللازمة للمشروع بدءاً من تاريخ اتخاذ القرار بالمضي بتصميم وتشييد البناء، حتـــى الانتهاء من مرحلة الإشغال.

الحل:

إن تحديد بنية تقسيم العمل للبناء التجاري من قبل أفراد مختلفين ينتج بنـــى يختلف بعضها عن بعض. يوضح (الشكل 3.7) بنية تقسيم العمل للمشروع بثلاثة مستويات من التفصيل. المستوى 1 يـــمثل كامل المشروع، حيث قُسِّمَ المشروع عند المستوى 2إلى سبعة عناصر عمل رئيسية فيزيائية وإلى ثلاثة عناصر عمل رئيسية وظيفية. ثم قُسِّم كل من هذه العناصر الرئيسية إلى عناصر جزئية حسب الحاجة لتمثل المستوى 3 من التفصيل. واستُخدِم في هذا المثال نظام ترميز عددي.

2.2.7 بنية الكلفة والإيراد

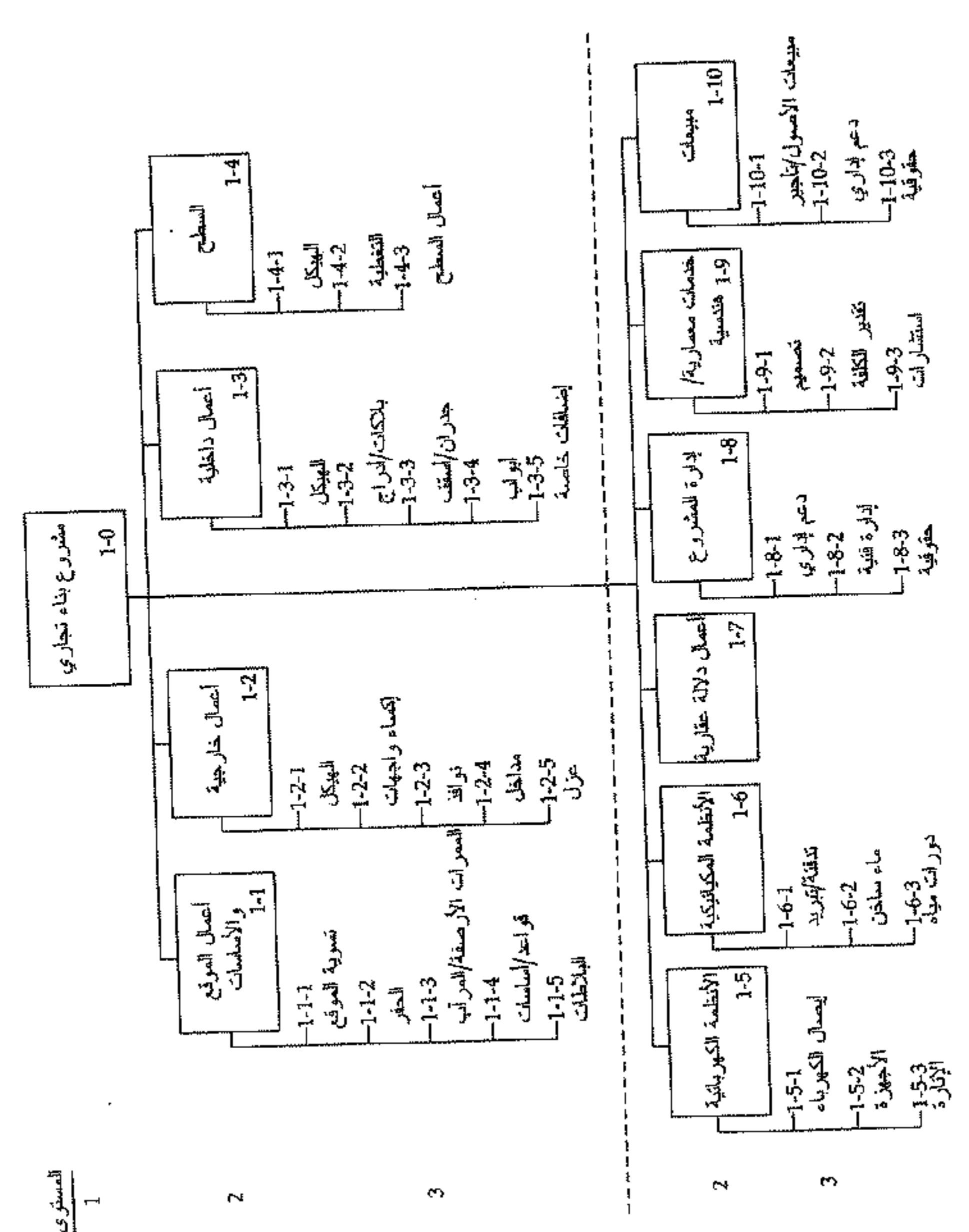
تمثل بنية الكلفة والإيراد المكون الأساسي الثانـــي للطريقة المتكاملة في تحديد التدفقات النقدية (الشكل 1.7). وتستخدم هذه البنية لتحديد وتصنيف الكلف والإيرادات الواجب إدراجها في التحليل، حيث تُحَدَّد المعطيات التفصيلية وتُرتَّب ضمن هذه البنية كي تُستخدم مع طرق التقدير في الفقرة 3.7 لتقدير التدفقات النقدية.

ناقشنا وأوضحنا في الفصل الثانـــي مفهوم دورة حياة المشروع حيث تُقسّمُ عموماً إلى مرحلتين: مرحلة إنشاء المشروع وإظهاره إلى الواقع acquisition phase ومرحلة التشغيل operation phase. تبدأ دورة حياة المشروع بتحديد الحاجة أو الرغبة الاقتصادية (المتطلبات) وتنتهي بمرحلة خروج المشروع من الخدمة أو التخلص منه، وهكذا فإن دورة حياة المشروع تشتمل على جميع الكلف والإيرادات الحالية والمستقبلية.

تمثل دورة حياة المشروع وبنية تقسيم العمل أدوات هامة في تحديد بنية الكلفة والإيراد للمشروع، فدورة حياة المشروع تحدد المدة القصوى (العمر المجدي للمشروع) وحدود عناصر الكلفة والإيراد التـــي يجب أخذها بالحسبان عند تحديد التدفقات النقدية. وتُركِّز بنية تقسيم العمل جهد المحلّل على عناصر عمل فيزيائية ووظيفية معينة من المشروع وعلى كلفها وإيراداتها.

الحالة المثلى لمدة دراسة المشروع أن تكون مساوية لدورة حياة المُنتَج أو الهيكل أو النظام أو الخدمة التـــي يوفرها المشروع، وذلك يسمح بأن تؤخذ جميع الكلف والإيرادات الحالية والمستقبلية ذات العلاقة كاملة بالحسبان في عملية اتخاذ القرار. تُوَجِّه مدة الدراسة الانتباه بوضوح إلى المفاضلة بين الكلف الأولية خلال مرحلة إنشاء المشروع وبين جميع الكلف والإيرادات خلال مرحلة التشغيل.

تتناقص دقة تقديرات الكلفة والإيراد بازدياد طول مدة الدراسة ويزداد الجهد اللازم لتحديد التدفقات النقدية. ولذلك يُختارُ الأفق الزمنـــي لمدة الدراسة بحيث تتوازن هذه العوامل للحصول على أساس سليم لاتخاذ القرار. وكما ناقشنا سابقاً، فإن تحديد مدة الدراسة، وبالتالي المدة المستقبلية التـــي تتطلب فيها الدراسة الاقتصادية الهندسية تقديرات للكلف والإيرادات، يحتاج إلى محاكمة مبنية على الظرف الذي يتخذ فيه القرار. ويجب على هذه المحاكمة أيضاً تحديد أي من عناصر الكلفة والإيراد هي الأكثر أهمية تستحق دراسة أكثر تفصيلاً وما هي العناصر التـــي حتـــى لو قُيم تأثيرها تقييماً خاطئاً لن ينجم عنها تغييرات هامة في تقديرات التدفقات النقدية.



الشكل 3.7: تقسيم بنية العمل WBS (ثلاثة مستويات من التفصيل) لمشروع بناء تجاري للمثال 7–1

ربما كان أهم مصدر للأخطاء في تحديد التدفقات النقدية هو إغفال أنواع هامة من الكلف والإيرادات. وبنية الكلفة والإيراد المنظمة بشكل جدول أو قائمة تدقيق، تُعَدُّ وسيلة جيدة لمنع مثل هذا الإغفال. وتُعَدُّ المعرفة الفنية بالمشروع أساسية لضمان إتمام هذه البنية لأنها تستخدم مفهوم دورة حياة المشروع وبنية تقسيم العمل في تحضيرها.

تسرد القائمة التالية بعض أنواع الكلف والإيرادات اللازمة عادة للدراسة الاقتصادية الهندسية (نوقشت بعض هذه المصطلحات في الفصل 2):

1. رأس مال مستثمر (ثابت وعامل) Capital investment (fixed and working)
2. كلف اليد العاملة (العمالة) Labor costs
3. كلف المواد Material costs

4. كلف الصيانة Maintenance costs
5. التأمين وضرائب الممتلكات Property taxes and insurance
6. كلف تحقيق النوعية (والنفايات) Quality (and scrap) costs
7. كلف عامة غير مباشرة Overhead costs
8. كلف الخلاص Disposal costs
9. الإيرادات Revenues
10. قيم الخلاص أو السوق Salvage or market values

3.2.7 طرق (نماذج) التقدير

يتضمَّن المكون الأساسي الثالث للطريقة المتكاملة (الشكل 1.7) طرق (نماذج) التقدير. وتستخدم هذه الطرق مع المعطيات التفصيلية للكلفة والإيراد لتحديد التدفق النقدي الفردي والتدفق النقدي الصافي المحتملين لكل بديل.

إن الهدف من التقدير تحديد التدفق النقدي المحتمل وليس الوصول إلى معلومات دقيقة عن المستقبل، فذلك عملياً شبه مستحيل. فالتقدير الأولي وحتـــى التقدير النهائي لا يتوقع أن يكونا مطابقين لما يتحقق في الواقع الفعلي؛ بل يكفي أن يَسدّا الاحتياج بكلفة تقدير مقبولة وعادة يكون التقدير بشكل مجال من القيم العددية.

تصنَّف تقديرات الكلفة والإيراد وفقاً لمستوى التفصيل والدقّة والهدف من استخدامها كما يلي:

1. *تقديرات حسب درجة الأهمية Order-of-magnitude estimates*: وتُستخدم في مرحلة التخطيط والتقييم الأولي للمشروع.
2. *تقديرات نصف تفصيلية أو لتحديد موازنة Semidetailed, or budget, estimates*: وتُستخدم في مرحلة التصميم الأولي للمشروع أو توصيفه.
3. *تقديرات تفصيلية محدَّدة Definitive (detailed) estimates*: وتُستخدم في مرحلة التصميم التفصيلي ومرحلة التشييد للمشروع.

تُستخدم تقديرات حسب درجة الأهمية في مرحلة اختيار البدائل الممكنة لدراستها. فهي توفر دقة تقع ما بين 30 ± و 50% وتُحَدَّد من خلال وسائط شبه رسمية مثل المؤتمرات والاستبيانات والمعادلات العامة المُطبَّقة على المستويات 1 و2 من بنية تقسيم العمل WBS.

تُجمَعُ تقديرات (نصف التفصيلية) تحديد الموازنة لدعم أعمال التصميم الأولي واتخاذ القرار خلال هذه المدة من المشروع. ودقة هذه التقديرات عادة بحدود ±15%، وتختلف وفقاً لدرجة التفصيل في تقسيم مكونات الكلفة والإيراد ومن حيث الجهد المبذول في عملية التقدير، وتُستخدم عادة معادلات التقدير المُطبَّقة على المستويات 2 و3 من بنية تقسيم العمل WBS.

تستخدم التقديرات التفصيلية كأساس لتحضير عروض الأسعار واتخاذ القرارات في مرحلة التصميم التفصيلي ودقتها بحدود ±5%، وتُحَدَّد هذه التقديرات بناءً على المواصفات والمخططات والأعمال المساحية للموقع وعروض أسعار الموردين والسجلات التاريخية الداخلية في الشركة، وعادة ما تُحضَّر التقديرات التفصيلية للمستوى الثالث والمستويات

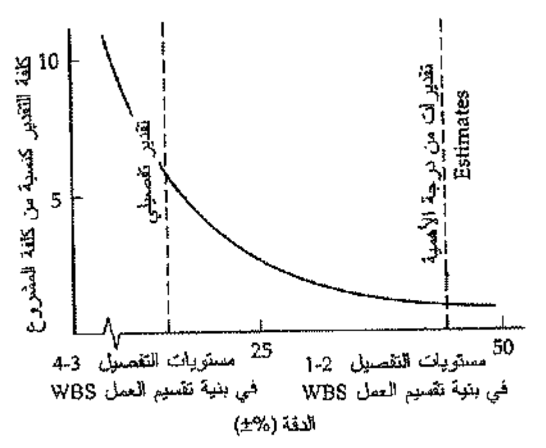
التالية من التفصيل من بنية تقسيم العمل **WBS**.

وهكذا يتضح أن تقدير الكلفة والإيراد يختلف اختلافاً كبيراً بدءاً من أسلوب الحسابات السريعة التـي ينجزها خبير على ظهر ظرف ورقي، إلى التقدير الدقيق المفصَّل الذي يقوم به فريق المشروع. تعتمد دقة التقديرات ومستوى تفصيلها على:

1. الزمن المتاح والجهد الذي تبرره أهمية الدراسة.
2. صعوبة تقدير البنود موضوع الدراسة والتقدير.
3. الطرق أو الأساليب المستخدمة.
4. مؤهلات القائم أو القائمين بعملية التقدير.
5. حساسية نتائج الدراسة تجاه عامل من العوامل المؤثرة في التقديرات.

تتحسن عادة دقة التقديرات بازدياد تفصيلها، إلا أن كلفة التقدير تزداد بدرجة كبيرة بازدياد التفصيل. ويبين (الشكل 4.7) العلاقة العامة بين الدقة وكلفة التقدير، ويوضِّح فكرة أن تقديرات الكلفة والإيراد لدراسة معينة يجب أن تُحَدَّد ضمن إدراك تام لمستوى الدقة التـي تتطلبها الدراسة.

وبقطع النظر عن الكيفية التـي حُدِّدت بموجبها التقديرات، يجب على مستخدميها أن يدركوا أنها مشوبة إلى حد ما بالأخطاء حتـى لو استخدمت طرق تقدير متطورة. ومع ذلك فإن أخطاء التقدير يمكن الحد منها إلى الحد الأصغري باستخدام معطيات ومعلومات موثوقة وطرق تقدير ملائمة.



الشكل 4.7: العلاقة بين دقة تقديرات الكلفة والإيراد، وبين كلفة الحصول على هذه التقديرات

1.3.2.7 مصادر معلومات التقدير

إن عدد مصادر المعلومات المفيدة في تقدير الكلفة والإيراد كبير جداً بحيث يَصعب سردها فاكتفينا بإدراج المصادر الأربعة الرئيسية التالية وذلك حسب درجة أهميتها:

1. سجلات المحاسبة Accounting records.
2. مصادر أخرى ضمن الشركة.
3. مصادر خارج الشركة.
4. البحث والتطوير Research and development.

1. ***سجلات المحاسبة Accounting records:*** وتُعَدُّ مصدراً رئيسياً للمعلومات اللازمة للتحاليل الاقتصادية إلا أنها غير ملائمة للاستخدام المباشر دون تعديل.

يحوي الملحق A شرحاً مختصراً لعملية المحاسبة والمعلومات. تتألف المحاسبة في مظهرها الأساسي من مجموعة إجراءات لحفظ سجل مفصَّل عن المعاملات المالية بين فئات من الأصول حيث لكل من هذه المعاملات تفسير مقبول مفيد لغاياتها. وغالباً ما تكون المعلومات الناجمة عن وظيفة المحاسبة بطبيعتها مضللة لو استخدمت في تحاليل الاقتصاد الهندسي ، ليس فقط لكونها مبنية على نتائج سابقة وإنما أيضاً بسبب القيود التالية:

(أ) نظام المحاسبة مصنَّفٌ بأسلوب صلد. فقد تكون الأنواع المتعددة من فئات الأصول والخصوم والقيمة الصافية والدخل والمصاريف لشركة ما ملائمة تماماً لقرارات التشغيل والملخصات المالية، لكنها نادراً ما تكون مناسبة تماماً لمتطلبات التحاليل الاقتصادية وعملية اتخاذ القرار التـــي تتضمن تصميماً هندسياً وبدائل للمشروع.

(ب) مصطلحات المحاسبة النظامية تؤدي إلى بيانات غير صحيحه عن بعض أنواع من المعلومات المالية المبنية ضمن النظام. فهذه البيانات تبنـــى، على الغالب، على فلسفة بأن على الإدارة تجنب المبالغة في تقييم أصولها وعدم الإقلال من قيمة وأهمية خصومها ومن ثم تقييم الأصول والخصوم بشكل متحفظ جداً.

(ج) تحوي المعلومات المحاسبية عادة دقة مضللة وسلطة ضمنية، فعلى الرغم من أنها تُقَدَّم مقرَّبةً إلى أقرب دولار أو أقرب سنت إلا أنها عموماً ليست دقيقة.

وخلاصة القول أن سجلات المحاسبة هي مصدر جيد للمعلومات التاريخية، لكن لها بعض العيوب عندما تستخدم في تحديد التقديرات المستقبلية في التحاليل الاقتصادية الهندسية. إضافة إلى ذلك فمن النادر أن تحوي السجلات المحاسبية بيانات صريحة عن الكلف المتزايدة أو عن كلف الفرص البديلة اللتين تُعَدَّان أساسيتين في معظم التحاليل الاقتصادية الهندسية.

2. ***مصادر أخرى ضمن الشركة:*** تتضمن الشركة النظامية عدداً من الكوادر البشرية والسجلات التـــي تُعدّ مصادر ممتازة لمعلومات التقدير. فالهندسة والمبيعات والإنتاج والنوعية والمشتريات والموارد البشرية إنما هي أمثلة عن وظائف ضمن الشركة تحتفظ بسجلات مفيدة للتحاليل الاقتصادية.

3. ***مصادر خارج الشركة:*** توجد العديد من المصادر خارج الشركة التـــي توفر معلومات مساعدة. لكن المشكلة الرئيسية هي في تحديد المصادر التـــي هي أكثر فائدة لاحتياجات معينة. وفيما يلي بعض المصادر الخارجية الشائعة الاستخدام:

(أ) المعلومات المنشورة: الأدلة الفنية، وأدلة المشترين، ومنشورات حكومة الولايات المتحدة والكتب المرجعية والمجلات المهنية توفر ثروة من المعلومات. فمثلاً يوفر *Standard and Poor's Industry Surveys* معلومات شهرية تتعلق بالصناعات الرئيسية، وتُعَدُّ المجموعة الإحصائية للولايات المتحدة *The Statistical Abstract of the United States* مصدراً شاملاً لمؤشرات الكلفة ومعلومات التقدير. ويقوم مكتب الإحصاءات العمالية بنشر الكثير من الدوريات التـــي تُعَدُّ مصدراً جيداً عن كلف اليد العاملة مثل مراجعة شهرية لليد العاملة تتضمن التشغيل والدخل وتطور الرواتب الحالية ودليل إحصائي لليد العاملة ومنحنيات بيانية عن الرواتب والأسعار والإنتاجية. تنشر شركة R. S. Means Company in Kingstou, Massachusetts دليلاً سنوياً عن كلفة التشييد ومعلومات عن كلفة

تشييد البناء تتضمن الحجوم النظامية لفرق التنفيذ، وأسعار الواحدات، والمعدّلات السائدة للرواتب في مختلف مناطق البلاد.

(ب) *الاتصالات الشخصية*: وتشكل مصادر ممتازة مثل الموردين، مندوبـي المبيعات، المهنيين، الزبائن، البنوك، المؤسسات الحكومية، غُرف التجارة، وحتـى المنافسين الذين يوفرون عادة المعلومات اللازمة لو طلبت بطريقة جدية ولبقة.

4. ***البحث والتطوير Research and Development***: عندما تكون المعلومات اللازمة غير منشورة ولا يمكن الحصول عليها عن طريق الاستشارة، فإن البديل الوحيد في هذه الحالة هو القيام بعملية البحث والتطوير لتوليد هذه المعلومات. فتطوير نموذج تجريبي لمصنع والقيام ببرنامج تسويق اختباري تمثل أمثلة تقليدية عن البحث والتطوير، لكن هذه النشاطات مكلفة وليست دائماً ناجحة؛ فعملية البحث والتطوير تؤخذ كخطوة أخيرة فقط عندما يتعلق الأمر بقرارات هامة جداً وعندما تكون المصادر المذكورة آنفاً غير كافية.

يشكل تقييم السوق وتقييم بيئة الأعمال لمشاريع رأسمالية جديدة وكبيرة إضافة إلى تقدير مبيعات المشروع وأسعار المُنتَج ... الخ الجزءَ الرئيسي للتحليل. ويقدّمُ المؤلف R. F. de la Mare ملخصاً جيداً عن موضوع التنبؤ الاقتصادي وتحليل السوق للمشاريع الاستثمارية الكبيرة وعن ضم تقديرات الإيراد إلى التدفقات النقدية[1].

2.3.2.7 كيف تعُدّ التقديرات

يمكن إعداد التقديرات باستعمال عدد من الطرق مثل:

1. *عقد مؤتمر (اجتماع)* A conference لعدد من الذين يعتقد أن لديهم معلومات أو أسس جيدة لتقدير الكمية موضوع الاهتمام. والنموذج الخاص لهذا الأسلوب طريقة دلفي *Delphi method* التـي تتضمن جولات من الأسئلة والاستجابات حيث تسجل آراء المشاركين دون ذكر أسمائهم.
2. *المقارنة comparison* مع أوضاع أو تصاميم مماثلة يتوفر فيها معلومات أكثر يمكن الاستفادة منها استنباط التقديرات للبدائل المأخوذة بالحسبان بواسطة الاستقراء والقياس. وتدعى هذه الطريقة أحياناً التقدير بواسطة المشابهة *estimating by analogy*. تُستخدم طريقة المقارنة للوصول إلى كلفة تقريبية لتصميم أو منتج جديد، حيث تؤخذ كلفة تصميم أكثر تعقيداً من التصميم الأصلي لبند مماثل كحد أعلى للكلفة وكلفة تصميم أقل تعقيداً كحد أدنـى للكلفة. قد يكون التقريب الناجم غير دقيق إلا أن لطريقة المقارنة ميزة تحديد الحدود التـي قد تكون مفيدة لعملية اتخاذ القرار.
3. *استخدام الطرق الكمية quantitative techniques* التـي ليس لها دائماً أسماء نظامية. وستناقش الفقرة التالية بعض الطرق المختارة هي ذات أسماء تعبّر بوجه عام عن الأساليب التـي تستخدمها.

3.7 طرق تقدير مختارة (نماذج)

يمكن تطبيق نماذج التقدير المناقشة في هذه الفقرة للتقديرات حسب درجة الأهمية ولكثير من التقديرات نصف التفصيلية أو التقديرات اللازمة لتحديد الموازنة. وتعَدّ هذه النماذج مفيدة في مرحلة الاختيار الأولي للبدائل بغية التحليل

[1] R. F. de la Mare, Manufacturing Systems Economics: The Life-Cycle Cost and Benefits of Industrial Assets (London: Holt, Rinehart and Winston, 1982), PP. 123-149.

التفصيلي ومفيدة أيضاً في مرحلة التصميم الأولي للمشروع. ويمكن أحياناً استخدام هذه النماذج في مرحلة التصميم التفصيلي للمشروع لتخفيض عدد التقديرات الهندسية بناءً على جداول كميات المواد والتكاليف النظامية وعلى معلومات تفصيلية أخرى.

1.3.7 المؤشرات أو الأدلة

تتغير التكاليف والأسعار[2] مع الزمن لعدد من الأسباب من ضمنها: 1) التقدم التكنولوجي، 2) توفر اليد العاملة والمواد، 3) التضخم. والمؤشر *index* هو عدد ليس له واحدة يشير إلى تغير الكلفة أو السعر مع الزمن (تصاعدياً عادة) بالنسبة إلى سنة الأساس. وتوفر المؤشرات وسائل ملائمة لتحديد تقديرات للكلفة والسعر الحالية والمستقبلية باستخدام المعلومات التاريخية. ويمكن الحصول على كلفة أو سعر بيع بند ما في السنة n عن طريق جداء كلفة أو سعر البند عند نقطة مبكرة من الزمن (السنة k) بنسبة قيمة المؤشر في السنة $n(\bar{I}_n)$ إلى قيمة المؤشر في السنة $k(\bar{I}_k)$[3]، أي إن:

$$C_n = C_k\left(\frac{\bar{I}_n}{\bar{I}_k}\right) \tag{1.7}$$

حيث k = سنة المرجع (مثلا 1996) حيث تكون كلفة أو سعر البند معلوماً:

n = السنة التـــي تقدَّر عندها الكلفة أو السعر ($n > k$)،

C_n = الكلفة المقدرة أو السعر المقدر للبند عند السنة n،

C_k = كلفة أو سعر البند عند سنة المرجع k.

يشار إلى المعادلة (1.7) باسم *طريقة النسبة* (*ratio technique*) لتحديث الكلف والأسعار. يَسمح استخدام هذه الطريقة بالحصول على كلفة أو السعر المحتمل لبيع بند ما من معلومات تاريخية ذات سنة أساس محددة، وتحديث هذه الكلفة أو السعر باستخدام المؤشر. ويمكن استخدام هذا المفهوم عند المستويات الدنيا من بنية تقسيم العمل لتقدير كلفة التجهيزات والمواد واليد العاملة، ويُستخدم أيضاً عند المستوى العلوي لبنية تقسيم العمل لتقدير الكلفة الكلية لمشروع معمل جديد، أو جسر... الخ.

المثال 7-2

يستخدم مؤشر خاص بكلفة توريد وتركيب مراجل خدمة يعود إلى سنة 1974 حيث أعطيت له، كيفياً، قيمة أساس قدرها 100. قامت الشركة XYZ في سنة 1996، عندما كانت قيمة المؤشر هذا تساوي 468، بتركيب مرجل باستطاعة 50,000 باوند/ساعة بكلفة تعادل 525,000 دولار. على هذه الشركة تركيب مرجل آخر بنفس القياس في عام 1999 حيث قيمة المؤشر عام 1999 تساوي 542 فما هي الكلفة التقريبية للمرجل الجديد؟

الحل:

n فـــي هذا المثال تـــمثل عام 1999 وk تمثل عام 1996، فالكلفة التقريبية للمرجل فـــي عام 1999 من المعادلة (1.7)

---

[2] غالباً ما يُستعمل المصطلحات: التكلفة Cost والسعر Price معاً. أما تكلفة المنتج أو الخدمة فهي جميع الموارد – المباشرة وغير المباشرة – المطلوبة لتصنيع المنتج أو تقديم الخدمة. وأما السعر فهو قيمة البضاعة أو الخدمة في السوق. وبوجه عام، يكون السعر مساوياً للتكلفة مضافاً إليها الربح.

[3] يوجد حاشية ناقصة هنا

تساوي:

$$C_{1999} = \$525{,}000\ (542/468) = \$\ 608{,}013$$

يمكن إنشاء المؤشرات لبند مفرد أو لبنود متعددة ، فقيمة المؤشر لبند منفرد عبارة عن نسبة كلفة البند عند السنة الحالية إلى كلفة نفس البند عند سنة المرجع مضروبة بعامل سنة المرجع (عادة 100). يجري إنشاء المؤشر المركب عن طريق إيجاد وسطي نسب كلف بنود مختارة في سنة معينة إلى كلف نفس البنود عند سنة المرجع أو الأساس. ويمكن لمنشئ المؤشر إعطاء تثقيل مختلف للبنود ضمن المؤشر وذلك حسب مساهمة كل منها في الكلفة الكلية، فمثلاً يعطى المؤشر المثقَّل بوجه عام بالعلاقة التالية:

$$\bar{I}_n = \frac{W_1(C_{n1}/C_{k1}) + W_2(C_{n2}/C_{k2}) + \ldots + W_M(C_{nM}/C_{kM})}{W_1 + W_2 + \ldots + W_M} \times \bar{I}_k \qquad (2.7)$$

حيث: M = العدد الكلي للبنود المتضمنة في المؤشر ($1 \le m \le M$)،

C_{nm} = كلفة الواحدة (أو سعر الواحدة) للبند m في السنة n،

C_{km} = كلفة الواحدة (أو سعر الواحدة) للبند m في السنة k،

W_m = الثقل المعطى للبند m،

$\bar{I}_k$ = قيمة المؤشر المركب في السنة k.

يمكن للتثقيل $W_1, W_2, \ldots, W_M$ أن تجمع لتساوي أي عدد موجب عادة 1.00 أو 100. يمكن استخدام أي تركيب من اليد العاملة والمواد والمنتجات والخدمات... الخ لإنشاء مؤشر مركب للكلفة أو السعر.

المثال 7-3

بناءً على المعلومات التالية، أنشئ مؤشراً متقَّل لسعر غالون البنـــزين في عام 1999، علماً أن عام 1986 سنة المرجع، وقيمة مؤشر السعر فيها تساوي 99.2. الثقل المعطى للبنـــزين العادي الخالي من الرصاص ثلاثة أضعاف الثقل المعطى لكل من البنـــزين السوبر وللبنـــزين الممتاز الخالي من الرصاص، ذلك لأنه يباع بوجه تقريبـــي من البنـــزين العادي الخالي من الرصاص ثلاثة أضعاف ما يباع من كل من النوعين الباقيين.

	السعر (سنت/غالون) في السنة		
	1986	**1992**	**1999**
بنـــزين سوبر	114	138	120
بنـــزين ممتاز خالٍ من الرصاص	103	127	109
بنـــزين عادي خالٍ من الرصاص	93	117	105

الحل:

في هذا المثال k تمثل عام 1986، و n تمثل 1999 و قيمة المؤشر $\bar{I}_{1999}$ حسب المعادلة (7-2) هي:

$$\frac{(1)(120/114) + (1)(109/103) + (3)(105/93)}{1+1+3} \times 99.2 = 109$$

الآن إذا قدّر المؤشر في العام 2004 بالقيمة 189 مثلاً فمن السهل تحديد أسعار البنـــزين من المؤشر $\bar{I}_{1999} = 109$:

بنـــزين سوبر: 120 سنت/غالون $\left(\frac{189}{109}\right)$ = 208 سنت/غالون

بنـــزين ممتاز خالٍ من الرصاص: 109 سنت/غالون $\left(\frac{189}{109}\right)$ = 189 سنت/غالون

بنـــزين عادي خالٍ من الرصاص: 105 سنت/غالون $\left(\frac{189}{109}\right)$ = 182 سنت/غالون

يُنشر الكثير من المؤشرات دورياً، كمؤشر التشييد *Engineering News Record Construction Index* الذي يضم كلف اليد العاملة والمواد ، ومؤشر مارشال وستيفنس للكلفة Marshall and Stevens cost index، وتنشر المجموعة الإحصائية في الولايات المتحدة The *Statistical Abstract of the United States* المؤشرات الحكومية سنوياً عن كلف المواد واليد العاملة وكلف التشييد، وينشر مكتب إحصائيات اليد العاملة *Bureau of Labor Statistics* مؤشرات السعر ومؤشرات أسعار المنتجين وتقريراً تفصيلياً عن مؤشر السعر للمستهلك. وتُستخدم مؤشرات الكلفة وتغيرات السعر مراراً في دراسات الاقتصاد الهندسي.

2.3.7 طريقة الواحدة

تتضمن *طريقة الواحدة* *unit technique* استخدام عامل لكل واحدة بحيث يمكن تقديره تقديراً فعّالاً. والأمثلة التالية توضح ذلك:

كلفة رأس المال لمعمل مقدرة لكل كيلو واط من استطاعته

الإيراد لكل مسافة ميل واحد

كلفة الوقود لكل كيلو واط من الطاقة المولدة

التوفير السنوي لكل 500 ساعة تشغيل

كلفة رأس المال لكل هاتف مركب

العائد لكل زبون تمت خدمته

فقدان الحرارة لكل 1000 قدم من خط البخار

كلفة التشغيل لكل ميل

العائد لكل حالة

كلفة ساعة الصيانة

كلفة التشييد لكل قدم مربع

العائد لكل ألف باوند

حينما نقوم بجداء مثل هذه العوامل بالواحدات المناسبة نحصل على التقدير الكلي للكلفة، التوفير أو العائد.

لنفرض، كمثال بسيط، أننا نحتاج تقديراً أولياً لكلفة منـــزل محدد. باستخدام عامل الواحدة unit factor لنقل $55 لكل قدم مربع من مساحة المنـــزل ومعرفة أن مساحة المنـــزل تساوي 2000 قدم مربع تقريباً، نقدر كلفته الكلية على الشكل التالي: $\$55 \times 2{,}000 = \$110{,}000$.

تعدّ طريقة الواحدة unit technique مفيدة جداً للحصول على التقديرات الأولية، إلا أن مثل هذه القيم الوسطية يمكن

أن تكون مضللة، وتعطى الطرق التـي هي أكثر تفصيلاً بوجه عام تقديرات أكثر دقة.

3.3.7 طريقة العامل

طريقة العامل هي factor technique امتداد لطريقة الواحدة؛ فضمن طريقة تجزيء أولي يمكن جمع جداء عدة كميات أو عناصر إلى أية عناصر قدرت تقديراً مباشراً أي:

$$C = \sum_{d} C_d + \sum_{m} f_m U_m \qquad (3.7)$$

حيث: C = الكلفة المقدرة

C_d = كلفة العنصر d المقدر تقديراً مباشراً

f_m = كلفة الواحدة من العنصر m

U_m = عدد الواحدات من العنصر m.

كمثال بسيط، لنفرض أننا نحتاج إلى تقدير أدق لكلفة منـزل يتألف من 2000 قدم مربع وممرين وكراج، فباستخدام عامل الواحدة 50$ لكل قدم مربع، و5000$ لكل ممر، و8000$ للكراج للعنصرين المقدرين تقديراً مباشراً، يمكننا أن نحسب التقدير الإجمالي كما يلي:

$$(\$5{,}000 \times 2) + \$8{,}000 + (\$50 \times 2{,}000) = \$118{,}000$$

تعدّ طريقة العامل مفيدة خاصة عندما يكون تعقيد الحالة لا يحتاج إلى تقسيم لبنية العمل WBS وتتضمن الحالة العديد من الأجزاء المختلفة، والمثال 7-4 ومثال تقدير كلفة منتج في الفقرة 1.5.7 يوضحان هذه الطريقة توضيحاً جيداً.

المثال 7-4

يؤثر التصميم التفصيلي للبناء التجاري الموصوف في المثال 7-1 على الانتفاع من المساحة الإجمالية (ومـن صافـي المساحة القابلة للإيجار) المتوفرة في كل طابق. وكذلك فإن حجم وموقع قسم موقف السيارات والمساحة المتوفرة أمام المبنـى على الشارع الرئيسي وعلى طول العقار ربما تشكل بعض المصادر الإضافية للدخل. فإذا كنت مديراً للمشروع، فحلّل تأثير الاعتبارات التالية على العائد المحتمل:

يتضمن الطابق الأول 15.000 قدم مربع كإجمالي مساحة مخصصة لمحلات بيع بالمفرق، ويحوي الطابق الثاني على نفس المساحة، خُطط لها أن تستخدم كمكاتب. وبناءً على نقاش مع طاقم المبيعات استنبطتَ المعلومات الإضافية التالية:

1. يجب تصميم المساحة المخصصة للبيع بالمفرق لاستخدامين مختلفين 60% للمطاعم (الانتفاع = 79%) و40% لمخازن الألبسة للبيع بالمفرق (الانتفاع = 83%).
2. هناك احتمال كبير لتأجير كامل المساحة المخصصة كمكاتب في الطابق الثانـي إلى زبون واحد (الانتفاع = 89%).
3. حسب التقديرات يمكن تأجير 20 مكاناً في موقف السيارات لأجل طويل لمصلحتين تجاوران العقار. ويمكن أيضاً تأجير جزء واحد من المساحة أمام العقار إلى شركة إعلان كي تركب فيه لوحة إعلانية دون أن يؤثر ذلك على الاستخدام الأساسي للعقار.

الحل:

بناءً على هذه المعلومات يقدر العائد السنوي للمشروع $(\hat{R})$ كما يلي:

$$\hat{R} = W(r_1)(12) + Y(r_2)(12) + \sum_{j=1}^{3} S_j(u_j)(d_j)$$

حيث: W = عدد أمكنة وقوف السيارات.

Y = عدد اللوحات الإعلانية.

r_1 = الإيجار الشهري لكل مكان وقوف سيارة =$22

r_2 = الإيجار الشهري عن كل لوحة إعلانية = $65

j = دليل لنوع الاستخدام من مساحة المبنـــى

S_j = المساحة (بالقدم المربع الإجمالي) المستخدمة للغاية j.

u_j = عامل الانتفاع للمساحة للاستخدام j (النسبة الصافية من المساحة القابلة للإيجار).

d_j = الآجار السنوي للقدم المربع (القابل للإيجار) من مساحة المبنـــى المخصصة للغرض j.

ويكون:

$$\hat{R} = [20(\$22)(12) + 1(\$65)(12)] + [9{,}000\ (0.79)\ (\$23) + 6{,}000\ (0.83)\ (\$18) + 15{,}000\ (0.89)\ (\$14)]$$

$$\hat{R} = \$6{,}060 + 440{,}070 = \$446{,}130$$

توضح تجزئة العائد السنوي المقدر للمشروع في المثال 7-4 أن:

1.4% تأتـــي من مصادر مختلفة.

98.6% من مساحة المبنـــى المؤجرة.

يمكن من خلال التصميم التفصيلي حساب التغيرات في العائد السنوي للمشروع الناجمة عن التغيرات في عوامل الانتفاع من المساحة ، فمثلاً إذا تحسنت النسبة بين المساحة القابلة للإيجار إلى المساحة الإجمالية وسطياً بمقدار 1% فإن العائد السنوي سيتغير كما يلي:

$$\Delta R = \sum_{j=1}^{3} S_j(u_j + 0.01)(d_j) - (\$446{,}130 - \$6{,}060)$$

$$= \$445{,}320 - \$440{,}070$$

= $5,250 في العام

4.7 تقدير الكلفة بارامترياً

تقدير الكلفة بارامترياً هو استخدام معلومات تاريخية عن الكلفة والطرق الإحصائية للتنبؤ بالكلف المستقبلية. وتستخدم الطرق الإحصائية لتطوير علاقات لتقدير الكلفة التـــي تربط كلفة أو سعر بند (مثلاً منتج، سلعة، خدمة أو نشاط) بمتغير أو أكثر من المتغيرات المستقلة (أي محددات قيمة الكلفة). بالعودة إلى الفصل الثانـــي من هذا الكتاب نجد أن متغيرات التصميم تشكل الجزء الأكبر المسؤول عن سلوك الكلفة الكلية. ويسرد (الجدول 1.7) أنواع متعددة من البنود يقابلها محددات كلفتها. وطريقة الواحدة الموصوفة في الفقرة السابقة هي مثال بسيط لتقدير الكلفة بارامترياً.

الجدول 1.7: أمثلة عن محددات الكلفة المستخدمة في تقديرات الكلفة بارامترياً

المنتج	محدد الكلفة
التشييد	مساحة الأرضية، مساحة السطح الأخير، مساحة الحائط
الشاحنات	الوزن الفارغ، الوزن القائم أو الإجمالي، عدد الأحصنة
سيارة ركاب	وزن الهيكل، البعد بين محاور الدواليب، الفراغ المتوفر للركاب، عدد الأحصنة.
محرك توربينـي (عنفي)	الدفع الأعظمي، دفع الطواف، استهلاك الوقود
محرك ترددي (كبّاسي)	مقدار إزاحة الكبّاس، نسبة الانضغاط، عدد الأحصنة
صفيحة معدنية	الوزن الصافي، عدد الثقوب، عدد التباشيم
طائرة	الوزن فارغة، السرعة، مساحة الجناح
قاطرة ديزل	عدد الأحصنة، الوزن، سرعة الطواف
خزانات ضغط	الحجم
سفينة فضاء	الوزن
محطات الطاقة الكهربائية	كيلو واط
المحركات	عدد الأحصنة
الحواسيب	ميغا بايت
برامج حاسوب	عدد الأسطر
وثائق	عدد الصفحات
محركات نفاثة	الدفع مقدراً بالباوند

تستخدم النماذج البارامترية في المراحل المبكرة من التصميم لتكوين فكرة عن تكلفة المنتج (أو المشروع) بناءً على بعض الصفات الفيزيائية (مثل الوزن، الحجم، أو الاستطاعة). ويستخدم ناتج النماذج البارامترية (الكلفة التقديرية) لقياس تأثير القرارات في مرحلة التصميم على الكلفة الكلية. فإدراك تأثير قراراتنا الهندسية في مرحلة التصميم على الكلفة الكلية يعد أساسياً لتطوير منتج سليم من الناحية الفنية واقتصادي في نفس الوقت.

تستخدم العديد من الطرق الرياضية والإحصائية الأخرى لاستنباط علاقات لتقدير الكلفة، فمثلاً نماذج تحليل الارتباط البسيط والمتعدد والتـي هي طرق إحصائية معيارية لتقدير قيمة المتغير غير المستقل (الكمية المجهولة) كتابع لمتغير أو أكثر من المتغيرات المستقلة، تستخدم بكثرة لتطوير علاقات التقدير. ويصف هذا الجزء علاقتـي تقدير شائعة الاستخدام هما: طريقة التصنيف الأسي، وطريقة منحنـي التعلم، يلي ذلك مراجعة للخطوات المستخدمة في تطوير علاقات تقدير الكلفة CERs.

1.4.7 طريقة التصنيف الأسي

تسمى أحياناً بالنموذج الأسي exponential model، وتُستخدم مراراً لتحديد تقديرات لرأس المال الذي سيستثمر في إنشاء معامل أو شراء تجهيزات. وتقول علاقة تقدير الكلفة هذه إن الكلفة تتغير كتابع أسي للتغير في الاستطاعة أو الحجم أي:

$$\frac{C_A}{C_B} = \left(\frac{S_A}{S_B}\right)^X$$

$$C_A = C_B\left(\frac{S_A}{S_B}\right)^X \quad (4.7)$$

حيث: C_A = كلفة المعمل A } كلاهما بالدولار بتاريخ الحاجة إلى التقدير
C_B = كلفة المعمل B

S_A = حجم المعمل A } كلا الحجمين مقدراً بنفس الواحدات
S_B = حجم المعمل B

X = عامل الاستطاعة cost-capacity factor يعبّر عن اقتصادية المقياس[4]

تعتمد قيمة عامل الاستطاعة على نوع المعمل أو التجهيزات التـــي قدرت كلفها. فمثلاً $X = 0.68$ لمعامل توليد تعمل بالطاقة النووية، و0.79 لمعامل توليد تستخدم الوقود الأحفوري fossil fuel. لاحظ أن $X < 1$ تشير إلى تناقص اقتصادية المقياس (تكلف كل وحدة إضافية من الطاقة الإنتاجية أقل من الوحدة السابقة)، $X > 1$ تشير إلى تزايد في اقتصادية المقياس (تكلف كل وحدة إضافية من الطاقة الإنتاجية أكثر من الوحدة السابقة) و$X = 1$ تشير إلى علاقة خطية بين الكلفة والحجم.[5]

المثال 5-7

المطلوب إيجاد تقدير أولي لكلفة إنشاء معمل توليد طاقة باستطاعة 600-MW يعمل بالوقود الأحفوري علماً أن كلفة معمل باستطاعة 200-MW منذ عشرين عاماً 100$ مليون دولار قبل عشرين عاماً عندما كان مؤشر الكلفة يساوي تقريباً 400 ومؤشر الكلفة حالياً يساوي 1200 وعامل الاستطاعة لمعمل توليد يعمل بالوقود الأحفوري 0.79.

الحل:

يجب علينا أولاً وقبل تطبيق نموذج التصنيف الأسي لتقدير كلفة معمل توليد باستطاعة 600-MW (C_A)، استخدام المعلومات الخاصة بمؤشر الكلفة لتحديث كلفة معمل التوليد باستطاعة 200-MW المبنـــي قبل عشرين عاماً للحصول على الكلفة الحالية. باستخدام المعادلة (1.7) نجد أن كلفة المعمل 200-MW حالياً تساوي:

$$C_B = \$100 \text{ million}\left(\frac{1,200}{400}\right) = \$300 \text{ million}$$

الآن باستخدام المعادلة (4.7) نحصل على التقدير التالي لمعمل استطاعته 600-MW:

$$C_A = \$300 \text{ million}\left(\frac{600-\text{MW}}{200-\text{MW}}\right)^{0.79}$$

$$C_A = \$300 \text{ million} \times 2.38 = \$714 \text{ million}$$

نلاحظ أنه يمكن استخدام المعادلة (4.7) لتقدير كلفة معمل أكبر (كما في المثال 5.7) أو تقدير كلفة معمل أصغر. فمثلاً لنفترض أننا نحتاج إلى تقدير كلفة بناء معمل باستطاعة 100-MW، باستخدام المعادلة (4.7) والمعلومات الخاصة

---

[4] يمكن حسابه أو تقديره بالخبرة باستخدام أساليب إحصائية. انظر: W. R. Park, Cost Engineering Analysis (New York: John Wiley & Sons, 1973), P. 137

[5] الأحجار الكريمة تُعدّ مثالاً عن تزايد اقتصادية المقياس. فمثلاً، ماسة ذات قيراط واحد، أغلى من أربع ماسات كلٌ منها ربع قيراط.

بالمعمل 200-MW في المثال (5.7) نجد أن الكلفة حالياً للمعمل 100-MW تساوي:

$$C_A = \$300 \text{ million}\left(\frac{100-\text{MW}}{200-\text{MW}}\right)^{0.79}$$

$$C_A = \$300 \text{ million} \times 0.58 = \$174 \text{ million}$$

2.4.7 التعلّم والتحسّن

منحنـــي التعلّم *learning Curve* هو نموذج رياضي يفسّر ظاهرة ازدياد فعّالية العامل وتحسّن الأداء التنظيمي مع تكرار إنتاج السلعة أو الخدمة ذاتها. ويسمى منحنـــي التعلّم أحياناً *بمنحنـــي الخبرة* *Experience Curve* أو *بتابع تقدّم التصنيع* *manufacturing progress function* الذي هو أساساً علاقة تقدير. رُصد تأثير منحنـــي التعلّم (التحسّن) أول مرة في صناعة الطائرات والفضاء بما يخص ساعات اليد العاملة لكل وحدة منتجة[6]. ولكنه يطبق في العديد من الحالات المختلفة. فمثلاً، يمكن استخدام تأثير منحنـــي التعلّم في تقدير ساعات العمل المهنية التـــي يصرفها الكادر الهندسي في عملية إنجاز تصاميم تفصيلية متتالية ضمن عائلة من المنتجات، وكذلك في تقدير ساعات اليد العاملة اللازمة لتجميع سيارات.

المبدأ الأساسي لمنحنيات التعلّم هو تناقص بعض موارد الإدخال (أي: تكاليف الطاقة، اليد العاملة، تكاليف المواد، ساعات التصميم) لكل وحدة إخراج كلما ازداد عدد الوحدات المنتجة. وتعتمد معظم منحنيات التعلّم على افتراض حدوث انخفاض بنسبة ثابتة، لنقل في اليد العاملة كلما تضاعف عدد الوحدات المنتجة. فمثلاً، إذا كان إنتاج أول وحدة إنتاج يتطلب 100 ساعة يد عاملة وكان منحنـــي التعلّم يفترض 90% فإن إنتاج وحدة الإنتاج الثانية سوف يتطلب $90 = (0.9)$ 100 ساعة يد عاملة. وبنفس الطريقة، فإن إنتاج الوحدة الرابعة سوف يحتاج إلى $81 = 100(0.9)^2$ ساعة يد عاملة. و$72.9 = 100(0.9)^3$ ساعة يد عاملة لإنتاج الوحدة الثامنة وهكذا. وبذلك ينجم عن منحنـــي التعلّم 90% تخفيض قدره 10% في ساعات اليد العاملة في كل مرة تتضاعف فيها كمية الإنتاج.

يمكن استخدام افتراض التخفيض بنسبة ثابتة في كمية موارد الإدخال المستخدمة (لكل وحدة مخرجة) في كل مرة يتضاعف فيها عدد الوحدات المخرجة، لتطوير نموذج رياضي لتابع التعلّم (التحسّن).

ليكن :

u = رقم ترتيب الوحدة المخرجة.

Z_u = عدد وحدات موارد الإدخال اللازمة لإنتاج الوحدة المخرجة رقم u.

K = عدد وحدات موارد الإدخال اللازمة لإنتاج أول وحدة مخرجة.

s = محدد ميل منحنـــي التعلّم معبراً عنه بشكل كسر عشري (في حالة منحنـــي تعلّم 90%، $s = 0.9$)

فيكون:

$$Z_u = K(s^a), \quad a = 0, 1, 2, 3, \ldots$$

و:

$$\text{Log } Z_u - \log K = a\,(\log s)$$

---

[6] T. P. Wright, "Factors Affecting the Cost of Airplanes," Journal of Aeronautical Sciences, vol. 3, no.4 (February 1936)

ولأن $u = 2^a$، فإن:

$$\log u = a(\log 2)$$

أو

$$a = \frac{\log Z_u - \log K}{\log s} = \frac{\log u}{\log 2}$$

و

$$\text{Log } Z_u - \log K = n(\log u)$$

حيث

$$n = \frac{\log s}{\log 2}$$

ومنه:

$$\frac{Z_u}{K} = u^n$$

أو

$$Z_u = K\,(u^{n}) \tag{5.7}$$

المثال 6-7

لدى قسم الهندسة الميكانيكية فريق من الطلاب يقومون بتصميم سيارة سباق للمسابقة الوطنية، والوقت اللازم للفريق لتجميع السيارة الأولى 100 ساعة. إن معدّل التعلّم لهذا الفريق 0.8، ويعنـــي ذلك أنه كلما تضاعف الإنتاج ينخفض زمنهم لتجميع السيارة بمقدار 20%. استخدم هذه المعلومات لتحديد (آ) كم من الزمن يستغرق الفريق لتجميع السيارة العاشرة. (ب) الزمن الكلي اللازم لتجميع أول عشر سيارات (ج) الزمن الوسطي التراكمي المقدر لتجميع السيارات العشر الأولى.

الحل:

(أ) من المعادلة (5-7) وبافتراض انخفاض تناسبـــي في زمن التجميع للوحدات المخرجة بين الكميات المضاعفة، لدينا:

$$\begin{aligned} Z_{10} &= 100(10)^{\log 0.8/\log 2} \\ &= 100(10)^{-0.322} \\ &= \frac{100}{2.099} = 47.6 \text{ ساعة} \end{aligned}$$

(ب) الزمن الكلي لإنتاج x وحدة T_x يعطى بالعلاقة:

$$T_x = \sum_{u=1}^{x} Z_u = \sum_{u=1}^{x} K(u^n) = K\sum_{u=1}^{x} u^n \tag{6.7}$$

ومن المعادلة (6.7) نجد:

$$T_{10} = 100\sum_{u=1}^{10} u^{-0.322} = 100[1^{-0.322} + 2^{-0.322} + \ldots + 10^{-0.322}] = 631 \text{ ساعة}$$

(ج)

$$C_x = T_x/x \tag{7.7}$$

باستعمال المعادلة (7.7) نستنتج:

$$C_{10} = T_{10}/10 = 631/10 = 63.1 \text{ ساعة}$$

المثال 7-7

تقوم شركة بيتربلِ Betterbilt للتشييد بتصميم وبناء منازل عائلية للسكن. طور مدير مشتريات الشــركة استراتيجية للشراء وفيها تُشترى جميع مواد التشييد اللازمة لكل منـــزل من مورّد كبير حيث استخدم أسلوب طريقة المناقصة بين بعض المواد لاختيار المورّد لكل منـــزل.

الشركة جاهزة لتشييد 16 منـــزلاً جديد بالتسلسل مساحة الواحد منها 2400 قدم مربع. ويستخدم نفس التصميم الأساسي مع بعض التعديلات الطفيفة لكل منـــزل. العرض الفائز لمواد التشييد للمنـــزل الأول $64,800 أو $27 لكل قدم مربع. ويعتقد مدير المشتريات، بناءً على خبرة سابقة، أنه يمكن باتخاذ عدد من الإجراءات تخفيض كلف المواد بمقدار 8% في كل مرة يتضاعف عدد المنازل المشيدة. بناءً على هذه المعلومات (أ) حدد وسطي كلفة المواد التراكمية المقدرة لكل قدم مربع لأول خمسة منازل (ب) ما هي كلفة المواد التقديرية لكل قدم مربع للمنـــزل الأخير (السادس عشر).

الحل:

(أ) بناءً على معدّل تخفيض ثابت قدره 8% في كل مرة يتضاعف فيها عدد المنازل المشيدة فإن منحنـــي تعلّم 92% ينطبق على هذه الحالة، يتحدد في الجدول التالي وسطي كلفة المواد التراكمية لأول خمسة منازل (بافتراض تناقص تناسبـــي في كلف المواد للمنازل وذلك بين الكميات المتضاعفة):

(A) رقم ترتيب المنـــزل	(B) كلفة المواد لكل قدم مربع*	(C) المجموع التراكمي	(D) = (C) / (A) الكلفة الوسطية التراكمية لكل قدم مربع
1	$27.00	$27.00	$27.00
2	$24.84	$51.84	$25.95
3	$23.66	$75.50	$25.17
4	$22.85	$98.35	$24.59
5	$22.25	$120.60	$24.12

* من المعادلة (7-5): $Z_3 = \$27(3)^{\log 0.92/\log 2} = \$23.66$

(ب) من المعادلة (5.7):

$$\begin{aligned} Z_{16} &= \$27(16)^{\log 0.92/\log 2} \\ &= \$27(16)^{-0.1203} \\ &= \frac{\$27}{1.3959} = \$19.34 \text{ (لكل قدم مربع)} \end{aligned}$$

3.4.7 تطوير علاقة تقدير للكلفة

علاقة تقدير الكلفة (CER) هي نموذج رياضي يصف كلفة مشروع هندسي كتابع لمتغير أو أكثر من متغيرات التصميم. وتعد علاقات تقدير الكلفة أدوات مفيدة لأنها تتيح للقائم بعملية التقدير تحديد تقدير للكلفة بسهولة وسرعة.

وإضافة إلى ذلك يحصل على التقديرات بشكل مبكر خلال عملية التصميم قبل توفر المعلومات التفصيلية. ونتيجة لذلك يستطيع المهندسون استخدام علاقات تقدير الكلفة (CER) لاتخاذ قرارات في التصميم فعّالة من ناحية التكاليف إضافة إلى تحقيق المتطلبات الفنية.

توجد أربع خطوات أساسية في عملية تطوير علاقة تقدير الكلفة:

1. تحديد المسألة.
2. جمع المعلومات وتطبيعها.
3. تطوير علاقة تقدير الكلفة CER.
4. إثبات صحة النموذج وتوثيقه.

1.3.4.7 تحديد المسألة: إن أول خطوة في أي تحليل هندسي هي تحديد المسألة المطلوب دراستها. فالمسألة المحددة تحديداً صحيحاً من السهل حلها، ويعدّ تطوير تقسيم بنية العمل WBS بغرض تقدير الكلفة طريقة ممتازة لوصف عناصر المسألة، ومراجعة بنية تقسيم العمل WBS بعد إتمامها يمكن أيضاً أن تساعد في تحديد المحددات المحتملة للكلفة بهدف تطوير علاقات تقدير الكلفة CERs.

2.3.4.7 جمع المعلومات وتطبيعها: جمع المعلومات وتطبيعها من أكثر الخطوات حرجاً في عملية تطوير علاقة تقدير الكلفة، فجميعنا نعلم القول: "الخرج مرآة الدخل Garbage in, garbage out" فبدون معلومات مفيدة تصبح تقديرات الكلفة التـي يحصل عليها باستخدام علاقة تقدير الكلفة لا معنـى لها. يساعد تقسيم بنية العمل WBS في مرحلة جمع المعلومات في تنظيم المعلومات وضمان عدم إغفال أي عنصر.

يمكن الحصول على المعلومات من كل من المصادر الداخلية والخارجية، وتعد كلف مشاريع مشابهة منفذة في الماضي أحد مصادر المعلومات، والمعلومات المنشورة عن الكلفة تمثل مصدراً آخر للمعلومات. وبقطع النظر عن المصدر، من المهم أن تكون المعلومات – التـي لا تتعلق بالكلفة، والتـي تصف خواص النظام من الناحية الفيزيائية ومن ناحية الإنجاز – متوفرة. فمثلاً، إذا كان وزن المنتج محدِّداً محتملاً للكلفة، فمن المهم أن نعلم الأوزان المرتبطة بمعلومات الكلفة.

بعد عملية الجمع، يجب تطبيع المعلومات للأخذ بالحسبان الفروق الناجمة عن التضخم والموقع الجغرافي ومعدلات أجور اليد العاملة وهكذا. فمثلاً، مؤشرات الكلفة أو الطرق التـي سنتطرق لها في الفصل 8 يمكن أن تستخدم لتطبيع التكاليف التـي تترتب خلال أزمنة مختلفة. ويعد التحديد المنسجم للمعلومات جزءاً آخر هاماً في عملية التطبيع.

3.3.4.7 تطوير معادلة تقدير الكلفة: الخطوة التالية في تطوير علاقة تقدير للكلفة CER هي تشكيل معادلة تلتقط بدقة العلاقة بين محدد أو محددات مختارة للكلفة وبين كلفة المشروع. يسرد (الجدول 2.7) أربعة أنواع من المعادلات العامة التـي تُستخدم استخداماً واسعاً في تطوير علاقات تقدير الكلفة CER. في هذه المعادلات a، b، c وd هي ثوابت أما، $x1, x2, x3$ فتمثل متغيرات التصميم.

الطريقة البسيطة والفعالة لتحديد شكل المعادلة الملائم لعلاقة تقدير الكلفة CER هي برسم المعلومات. فإذا كان رسم المعلومات على ورق رسم نظامي يظهر بأنه يتبع خطاً مستقيماً، فإن هذا الشكل يقترح علاقة خطية. وإذا كان الشكل يقترح منحنياً، فحاول رسم المعلومات على ورق نصف لوغاريتمي أو لوغاريتمي. فإذا نجم عن رسم المعلومات على ورق نصف لوغاريتمي خط مستقيم فإن العلاقة لوغاريتمية أو أسية. فإذا كان الناتج عن الرسم على ورق لوغاريتمي

خطاً مستقيماً فإن العلاقة شكل منحنٍ power curve.

الجدول 2.7: أشكال المعادلات النموذجية

نوع العلاقة	المعادلة العامة
خطية	الكلفة = $a+bx_1+cx_2+dx_3+\ldots$
غير خطية	الكلفة = $a+bx_1^c x_2^d \ldots$
لوغاريتمية	الكلفة = $a+b\log(x_1)+c\log(x_2)+\ldots$
أسية	الكلفة = $a+b\exp^{(cx_1)}\exp^{(dx_2)}\ldots$

عندما نحدِّد الشكلَ الأساسي للمعادلة لعلاقة تقدير الكلفة CER، فإن الخطوة التالية هي تحديد قيم العوامل في معادلة علاقة تقدير الكلفة، وطريقة الحل الأكثر شيوعاً المستخدمة في إيجاد قيم العوامل هي طريقة المربعات الصغرى least squares. تهدف هذه الطريقة أساساً إلى تحديد خط مستقيم ضمن المعلومات الذي يقلل من الانحراف الكلي للمعلومات الفعلية عن القيم المتنبأ بها إلى الحد الأصغري. (والخط نفسه يمثل علاقة تقدير الكلفة CER). تعد هذه الطريقة سهلة نسبياً من ناحية التطبيق يدوياً وهي متوفرة أيضاً تجارياً في كثير من الحزم البرمجية. (معظم حزم وريقات الجدولة spreadsheet تملك القدرة على القيام بتلبيق المعلومات بطريقة المربعات الصغرى). المتطلب الأساسي لاستخدام طريقة المربعات الصغرى هو أن تكون العلاقةُ بين المتغير المستقل (محدد الكلفة) وبين المتغير التابع (كلفة المشروع) علاقةً خطية[7].

يمكن بسهولة تحويل المعادلات في (الجدول 2.7) إلى شكل خطي، حيث يمكن استخدام المعادلتين التاليتين لحساب قيم العوامل a و b في المعادلة الخطية البسيطة $y=a+bx$:

$$b=\frac{n\sum_{i=1}^{n}x_i y_i-\left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n}y_i\right)}{n\sum_{i=1}^{n}x_i^2-\left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)} \quad (8.7)$$

$$a=\frac{\sum_{i=1}^{n}y_i-b\sum_{i=1}^{n}x_i}{n} \quad (9.7)$$

لاحظ أن المتغير n في المعادلات السابقة يساوي عدد مجموعات المعلومات المستخدمة في تقدير قيم a و b.

المثال 7-8

في المراحل الأولى من التصميم، يُعتقد أن كلفة المركبة الفضائية تتعلق بوزنها. جمعت معلومات عن كلفة ووزن ست مركبات وطُبّعت وأظهرت في الجدول التالي. إن رسم المعلومات يقترح علاقة خطية. حدد قيم العوامل لعلاقة تقدير الكلفة CER.

---

[7] يوجد حاشية ناقصة هنا

المركبة i	الوزن (باوند)x_i	الكلفة (مليون دولار) y_i
1	400	278
2	530	414
3	750	557
4	900	689
5	1,130	740
6	1,200	851

الحل:

في هذه المسألة $n = 6$ والجدول التالي يسهل الحسابات الوسيطة اللازمة لحساب قيم a وb باستخدام المعادلتين 7-8 و7-9.

i	x_i	y_i	x_i^2	x_iy_i
1	400	278	160,000	111,200
2	530	414	280,900	219,420
3	750	557	562,500	417,750
4	900	689	810,000	620,100
5	1,130	740	1,276,900	836,200
6	1,200	851	1,440,000	1,021,200
المجموع	4,910	3,529	4,530,300	3,225,870

$$b = \frac{(6)(3,225,870) - (4,910)(3,529)}{(6)(4,530,300) - (4,910)^2} = \frac{2,027,830}{3,073,700} = 0.6597$$

$$a = \frac{3,529 - (0.6597)(4,910)}{6} = 48.31$$

وتكون علاقة تقدير الكلفة الناتجة التـي تربط كلفة المركبة الفضائية (بملايين الدولارات) بوزنها هي:

$$\text{الكلفة} = 48.31 + 0.6597\,x$$

حيث x تمثل وزن المركبة الفضائية مقدراً بالباوند و$400 \le x \le 1,200$.

4.3.4.7 إثبات صحة النموذج وتوثيقه Model Validation and Documentation: بعد تطوير معادلة علاقة تقدير الكلفة CER نحتاج إلى تحديد إلى أي مدى يمكن لعلاقة تقدير الكلفة توقع الكلفة (أي إثبات صحة النموذج) وتوثيق عملية التطوير وتقييم استخدام العلاقة. يمكن إنجاز عملية إثبات صحة النموذج باستخدام المؤشرات الإحصائية "جودة التلبيق" مثل الخطأ المعياري standard error وعامل الارتباط correlation coefficient. ويجب أن يستخدم التحليل مؤشرات جودة التلبيق لتحديد إلى أي مدى تستطيع علاقة تقدير الكلفة أن تتوقع الكلفة كتابع لمحددات مختارة للكلفة. ويعد توثيق عملية التطوير مهماً لاستخدام علاقة تقدير الكلفة في المستقبل. ومن المهم أن يتضمن التوثيق المعلومات التـي استخدمت في تطوير علاقة تقدير الكلفة والإجراءات المستخدمة في تطبيع المعلومات.

يقيس الخطأ المعياري (SE) وسطي الفرق بين قيم الكلفة الفعلية وقيم الكلفة المتنبأ بها. ويحسب الخطأ المعياري من العلاقة:

$$\text{SE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \text{Cost}_i)^2}{n}} \tag{10.7}$$

حيث cost_i الكلفة المتنبأ بها باستخدام علاقة تقدير الكلفة CER مع قيم للمتغير المستقل للمجموعة i ، وy_i للكلفة الفعلية. ويفضل أن تكون قيمة الخطأ المعياري صغيرة.

يقيس عامل الارتباط (R) مدى قرب المعلومات عن الكلفة الفعلية إلى خط الارتباط $(y = a + bx)$. وهو ببساطة النسبة بين الانحراف المفسّر explained deviation إلى الانحراف الكلي total deviation.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\right]\left[\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2\right]}} \tag{11.7}$$

حيث $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$ و $\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$ ، والإشارة (+/−) لـ R هي نفسها إشارة ميل (b) لخط الارتباط. من المفضل أن تكون قيم R قريبة للواحد أو ناقص واحد، لأن ذلك يشير إلى علاقة خطية قوية بين المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة.

في الحالات التـي لا يكون واضحاً أيّ محدد للكلفة أفضل أو أي شكل من المعادلات أفضل، يمكن استخدام مؤشرات جودة التطبيق لاختيار المحددات والمعادلة. وبوجه عام يمكن القول، بشرط ثبات باقي العوامل الأخرى، أنه يجب اختيار علاقة تقدير الكلفة التـي تتمتع بأفضل مؤشرات لجودة التطبيق.

المثال 7-9

احسب الخطأ المعياري وعامل الارتباط لعلاقة تقدير الكلفة CER المحددة في المثال 7-8.

الحل:

إن علاقة تقدير الكلفة المحددة في المثال 7-8 تربط كلفة مركبة فضائية بوزنها، باستخدام المعادلة:

$$\text{الكلفة} = 48.31 + 0.6597\,x$$

نستطيع أن نتوقع كلفة المركبات الست المعطى أوزانها:

i	x_i	y_i	cost_i	$(y_i - \text{cost}_i)^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$
1	400	278	312.19	1,168.96	129,753.42	174,999.99	96,205.43
2	530	414	397.95	257.60	50,218.44	83,134.19	30,335.19
3	750	557	543.09	193.49	2,129.85	4,668.99	971.57
4	900	689	642.04	2,205.24	8,234.79	6,669.99	10,166.69
5	1,130	740	793.77	2,891.21	47,320.86	97,138.19	23,052.35
6	1,200	851	839.95	122.10	100,314.33	145,671.99	69,079.61
المجموع	4,910	3,529	3,528.99	6,838.60	337,971.69	512,283.34	229,810.84

لاحظ أن $\bar{x} = \frac{1}{6}(4{,}910) = 818.33$ و $\bar{y} = \frac{1}{6}(3{,}529) = 588.17$. يمكن باستخدام المعادلتين 10.7 و11.7 حساب

SE ومعامل الارتباط لـ CER:

$$SE = \sqrt{\frac{6,638.60}{6}} = 33.76$$

$$R = \frac{337,971.69}{\sqrt{(512,283.34)(229,810.48)}} = 0.985$$

إن قيمة عامل الارتباط قريبة من الواحد فهي تشير إلى علاقة خطية موجبة قوية بين كلفة المركبة الفضائية ووزنها.

والخلاصة، فإن علاقة تقدير الكلفة CER مفيدة لعدة أسباب: أولاً بوجود معلومات الإدخال المطلوبة تعد طريقة سريعة وسهلة الاستخدام. ثانياً تحتاج علاقة تقدير الكلفة عادة القليل جداً من المعلومات وهذا ما يجعلها ممكنة الاستخدام في المراحل المبكرة من التصميم. وأخيراً تعد علاقة تقدير الكلفة CER وسيلة ممتازة للتنبؤ بالكلفة إذا طورت بوجه صحيح باستخدام معلومات تاريخية جيدة.

5.7 تقدير الكلفة في عملية التصميم

تواجه شركات اليوم مشكلة توفير بضائع وخدمات ذات جودة عالية بأسعار منافسة. ويبنـى سعر سلعهم على الكلفة الإجمالية لتصنيع بند السلعة أو الخدمة متضمناً الربح. ويجب أن تكون الكلفة عاملاً رئيسياً في تصميم السلعة لضمان إمكانية بيع السلع بأسعار منافسة، وكما ناقشنا في مقدمة هذا الكتاب فالسلعة المصممة جيداً من الناحية الوظيفية لا قيمة لها إن لم تكن مجدية من الناحية الاقتصادية. وكي تكون السلعة ذات قيمة للزبون لا بد أن تكون منافعها تعادل تكاليفها.

سوف نناقش في هذه الجزء كلاً من أسلوب "من الأسفل إلى الأعلى" و"من الأعلى إلى الأسفل" لتحديد تكاليف المنتج وسعر مبيعه. إن استخدام هذه الأساليب مع مبادئ التكاليف الموجّه target costing والتصميم وفق الكلفة design-to-cost والهندسة القيمية value engineering، يمكن أن تساعد المهندسين في تصميم أنظمة فعالة من ناحية الكلفة وتصميم منتجات ذات أسعار منافسة.

موقع إنترنت مرافق /http://www.prenhall.com/sullivan-engineering. يتضمن تقدير كلفة مبادل حراري حساب الكلفة الأساسية، إضافة إلى كلف التركيب والتشغيل والصيانة – كلفة دورة الحياة life cycle cost. بإمكانك زيارة موقع الوبب للاطلاع على مقارنة تقديرات الكلفة لأنواع أخرى من المبادلات الحرارية. تجد في الموقع ورريقات جدولة spread sheet، تمكنك من تطوير تقديرات الكلفة لتصاميمك الخاصة.

1.5.7 عناصر كلفة المنتج وتقدير الكلفة بأسلوب من الأسفل نحو الأعلى

كما ناقشنا في الفصل 2، تصنف التكاليف إلى مباشرة وغير مباشرة. التكاليف المباشرة من السهل تحميلها على منتج معين، على حين ليس من السهل تخصيص التكاليف غير المباشرة لمنتج محدد. فمثلاً اليد العاملة المباشرة هي أجور مشغل الآلة، أما اليد العاملة غير المباشرة فهي الإشراف.

لتكاليف التصنيع علاقة مميزة مع حجم الإنتاج فربما تكون هذه التكاليف ثابتة، أو متغيرة أو متدرجة في التغيير. وبوجه عام، فإن الكلف الإدارية هي كلف ثابتة مهما كان حجم الإنتاج، وكلف المواد تتغير مباشرة بتغير الحجم، وكلفة

التجهيزات هي تابع متدرج لمستوى الإنتاج.

تتضمن الكلف الأساسية لبند مصاريف التصنيع كلف التصميم والتطوير، وكلف الأدوات، وعمال التصنيع، والمواد، والإشراف، وضبط الجودة، والاختبارات، والتغليف، والكلف الإدارية للمصنع، والكلف الإدارية العامة، وكلف التوزيع والتسويق، والتمويل، والضرائب والضمان. فمن أين نبدأ؟

تتألف كلف التصميم من كلف التصميم والتحليل والرسم مع المصاريف المتفرقة مثل إعادة إنتاج الأضابير والمخططات أو إعادة الرسم. تُحمّل كلفة التصميم على المنتج على أساس عدد ساعات اليد العاملة الهندسية المصروفة على المنتج. فيما يلي الأنواع الأخرى الأساسية للكلف التـــي يجب تقديرها:

- كلف الأدوات، وهي تتألف من الإصلاح والصيانة إضافة إلى كلفة أي آلة جديدة.
- تكاليف عمالة التصنيع، تُحدَّد من المعلومات المعيارية، ومن السجلات التاريخية أو من القسم المالي. وتُستخدم عادة منحنيات التعلّم لتقدير اليد العاملة المباشرة.
- كلف المواد، يمكن الحصول عليها من السجلات التاريخية ومن عروض الموردين ومن لائحة كميات المواد. ويجب أن تتضمن مخصصات لتغطية التشريك.
- الإشراف، وهي كلفة ثابتة مبنية على رواتب كادر الإشراف.
- الكلفة الإدارية للمعمل، وتتضمن الخدمات والصيانة والإصلاح. كما ناقشنا في الفصل 2 وفي الملحق A، هناك طرق مختلفة تستخدم لتوزيع الكلف الإدارية بما يتناسب وساعات اليد العاملة المباشرة وساعات الآلات.
- الكلف الإدارية العامة، التـــي تكون أحياناً ضمن الكلف الإدارية للمعمل.

تُستخدم خطوات أسلوب من الأسفل إلى الأعلى لتحديد الكلفة الكلية للمنتج من قبل الشركات بشكل واسع لتساعدهم في اتخاذ القرارات بخصوص تحديد: ماذا ينتجون، وكيف يمكن تسعير منتجاتهم. ويستخدم مصطلح من الأسفل إلى الأعلى لأن الخطوات تتطلب تقدير عناصر الكلفة عند المستويات الدنيا من هيكل الكلفة ومن ثم إضافتها جميعاً للحصول على الكلفة الكلية للمنتج. ويوضح المثال البسيط التالي الخطوات العامة لأسلوب من الأسفل إلى الأعلى لتحديد تقدير لكلفة الواحدة من المنتج، ويبين استخدام وريقة الجدولة الإلكترونية لبنية الكلفة وذلك لتحضير تقدير للكلفة.

تبين وريقة الجدولة الإلكترونية في (الشكل 5.7) تحديد كلفة تجميع صمام. ويحوي الملحق 7-A خلية اكسل التـــي تحوي المعادلات. يوضح العمود A عناصر الكلفة التـــي تساهم في الكلفة الكلية للمنتج. ويمكن بسهولة تعديل قائمة عناصر الكلفة لسدّ احتياجات الشركة. وتسمح وريقة الجدولة الإلكترونية هذه بتحديد تقديرات لكل واحدة من المنتج (العمود B)، وتقديرات للعوامل (العمود C) وتقديرات مباشرة (D). والصفوف الغامقة خصصت لمجاميع جزئية مختارة.

تقدر كلف اليد العاملة المباشرة عادة بطريقة الواحدة، ويستخدم مخطط عملية التصنيع لتقدير العدد الكلي لساعات العمل المباشرة اللازمة لكل وحدة منتجة. وتضرب هذه الكمية بالمعدل المركب لليد العاملة للحصول على الكلفة الكلية لليد العاملة المباشرة. ففي هذا المثال، 36.48 ساعة عمل مباشرة تلزم لإنتاج 50 مجموعة صمام، والمعدل المركب لليد العاملة يساوي 10.54$ لكل ساعة، وهذا يعطي كلفة كليّة لليد العاملة المباشرة تساوي 384.50$.

الكلف غير المباشرة، مثل كلف ضبط الجودة واليد العاملة القائمة بالتخطيط عادة تحمل للمنتجات باستخدام عامل تقدير. ويحصل على هذه التقديرات بالإفصاح عن الكلفة كنسبة من كلفة أخرى. ففي هذا المثال كلفة ضبط النوعية

وكلفة التخطيط يعبّر عنها بـــ 12% و11% من كلفة اليد العاملة المباشرة (السطر A) على التوالي. وذلك يعطي كلفة كليّة لليد العاملة قدرها 472.93$. قدرت الكلف الإدارية للمعمل والكلف الإدارية العامة كنسبة من الكلفة الكلية لليد العاملة (السطر D).

في العمود D قيود لعناصر الكلفة التـــي تتوفر لها تقديرات مباشرة، فالكلفة الكلية لمواد التصنيع لـــ 50 مجموعة صمام تساوي 167.17$. والتقدير مباشر لكلفة التصنيع الخارجي لمكونات لازمة يساوي 28.00$. المجموع الجزئي لعناصر الكلفة حتـــى هذه المرحلة يساوي 1,235.62$.

	العمود A	العمود B		العمود C		العمود D	العمود E
		تقدير الواحدة		عامل التقدير		التقدير	مجموع
		الواحدة	الكلفة/الواحدة	عامل	من السطر	المباشر	السطر
A:	اليد العاملة (معمل)	36.48	$ 10.54				$ 384.50
B:	اليد العاملة في التخطيط			12%	A		46.14
C:	ضبط النوعية			11%	A		42.29
D:	مجموع اليد العاملة						472.93
E:	المصاريف العامة (معمل)			105%	D		496.58
F:	إدارة ومصاريف عامة			15%	D		70.94
G:	مواد الإنتاج					$ 167.17	167.17
H:	التصنيع خارج المعمل					28.00	28.00
I:	المجموع الجزئي						1235.62
J:	كلف التغليف			5%	I		61.78
K:	مجموع الكلفة المباشرة						1297.41
L:	كلف مباشرة أخرى			1%	K		12.97
M:	أجار المعمل						
N:	الكلفة الكلية للتصنيع						1310.38
O:	الكمية (حجم الدفعة الواحدة)						50
P:	كلفة التصنيع/الواحدة						26.21
Q:	الربح			10%	P		2.62
R:	سعر بيع الواحدة						$ 28.83

الشكل 5.7: صفحة الحساب الإلكترونية لتقدير كلفة التصنيع

قُدِّرت كلفة التغليف بـــ 5% من كامل الكلف السابقة (السطر I)، وهذا يعطي كلفة كليّة مباشرة 1,297.41$. وكلفة المتفرقات الأخرى ضمنت في 1% من المجموع الجزئي الحالي (السطر K). ينجم عن ذلك كلفة كلية قدرها 1,310.38 لتصنيع كامل الدفعة من الـــ 50 مجموعة صمـــام. وكلفة التصنيع لكل مجموعة صمام تســـاوي $1,310.38/50 = $26.21.

كما ذكرنا سابقاً في هذا الجزء، إن سعر المنتج مبنـــي على الكلفة الكلية لصنعه متضمناً الربح. ويوضح (الشكل 5.7) في أسفل ورقة الجدولة الإلكترونية حساب سعر مبيع الواحدة بناءً على هذه الاستراتيجية. فالربح المطلوب في هذا المثال (عادة يدعى بهامش الربح) 10% من كلفة تصنيع الواحدة، ويوافق ذلك ربحاً قدره 2.62$ لكل مجموعة صمام. ويكون السعر الكلي لمبيع مجموعة الصمام $28.83 = 26.21 + 2.62$.

وكما ذكر سابقاً تستخدم منحنيات التعلّم عادة عند تقدير كلف اليد العاملة المباشرة. ويوضح المثال التالي كيفية استخدام منحنيات التعلّم للحصول على ساعات اليد العاملة في المعمل لتصنيع الصمامات.

المثال 7-10

لنفرض أن دفعة من 50 مجموعة صمام تمثل وحدة مخرجة واحدة. إن 36.48 ساعة يد عاملة في المعمل التـــي استخدمت لتقدير كلفة مجموعة صمام كانت بناءً على الوحدة المخرجة السادسة عشر. بافتراض منحنـــي التعلّم 90%، فما هو عدد ساعات اليد العاملة في المعمل اللازمة لأول دفعة من 50 مجموعة صمام؟ وما هو تقديرك لساعات اليد العاملة اللازمة للدفعة 64 والدفعة المئة؟

الحل:

لنفترض أن k تساوي عدد ساعات اليد العاملة اللازمة لأول دفعة من مجموعة الصمامات. لدينا حسب المعادلة (7-5):

$$Z_{16} = K(16)^{\log 0.9/\log 2}$$

$$36.48 = K(16)^{-0.152}$$

$$K = 55.6 \text{ ساعة}$$

وهكذا فإن التقدير 36.48 ساعة حصل عليه بناءً على حقيقة أن تجميع أول دفعة من مجموعة الصمامات استغرق 55.6 ساعة. باستخدام K = 55.6 يمكننا بسهولة تقدير الزمن اللازم للدفعة 64 وللدفعة المئة:

$$Z_{64} = 55.6(64)^{-0.152} = 29.54 \text{ ساعة}$$

$$Z_{100} = 55.6(100)^{-0.152} = 27.61 \text{ ساعة}$$

2.5.7 الكلفة المستهدفة أو المخطط لها والتصميم باتجاه الكلفة: أسلوب من الأعلى إلى الأسفل

تقوم الشركات الأمريكية، عادة، بتحديد تقدير مبدئي لسعر مبيع المنتج الجديد باستخدام أسلوب من الأسفل إلى الأعلى الموصوف في الفقرة السابقة. أي، يحصل على سعر المبيع التقديري عن طريق تجميع الكلف الثابتة والمتغيرة ذات العلاقة ثم يضاف لها هامش الربح وهو عبارة عن نسبة من تكاليف الإنتاج الكلية. ويطلق على هذه العملية عادة اسم التصميم للحصول على السعر *design to price* ثم يستخدم قسم التسويق سعر المبيع التقديري لتحديد إمكانية بيع المنتج.

بالمقابل، تقوم الشركات اليابانية بتطبيق مفهوم الكلفة المستهدفة *target cost* وهي أسلوب التكليف من الأعلى إلى الأسفل. وتركيز أسلوب الكلفة المستهدفة على "ماذا يجب أن تكون كلفة المنتج" عوضاً عن "ماذا سيكلف المنتج". فهدف أسلوب الكلفة المستهدفة هو تصميم التكاليف للمنتجات قبل أن تدخل هذه المنتجات عملية التصنيع، ففي أسلوب من الأعلى إلى الأسفل، ينظر إلى الكلفة على أنها مادة إدخال لعملية التصميم وليست نتيجة له.

تبدأ عملية الكلفة المستهدفة، كما هو موضح في (الشكل 6.7)، بإجراء مسح للسوق وذلك لتحديد سعر مبيع أفضل منتج منافس. ويُحصل على الكلفة المستهدفة بطرح الربح المطلوب من سعر مبيع أفضل منتج منافس:

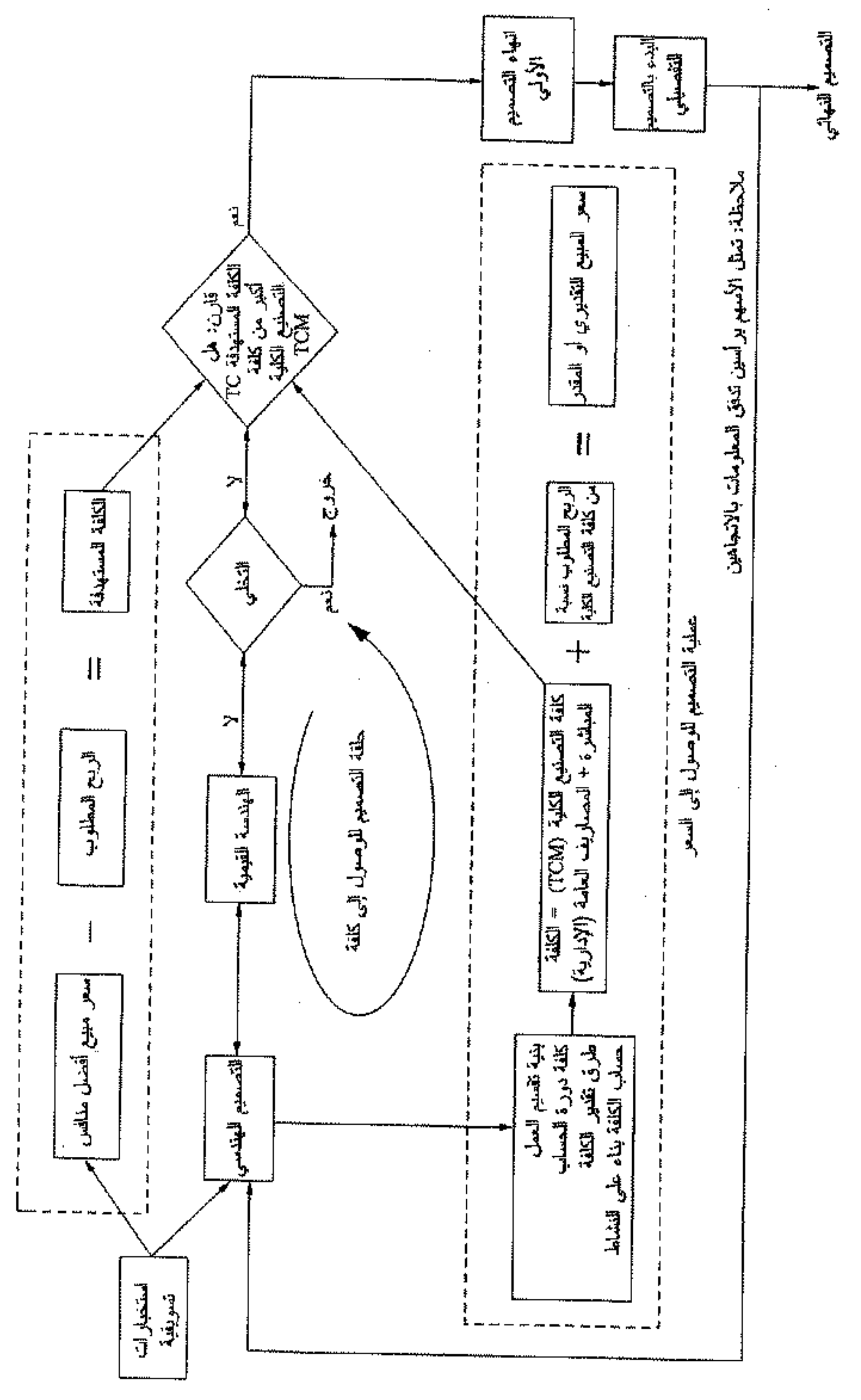
الكلفة المستهدفة = سعر المنافس − الربح المطلوب (12.7)

الربح المطلوب، كما ناقشنا في الفقرة السابقة، يعبّر عنه عادة كنسبة من كلفة التصنيع الكلية يطلق عليها تعبير هامش

الربح. فعند هامش ربح معين (مثلاً 10%)، يمكن حساب الكلفة المستهدفة باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{الكلفة المستهدفة} = \frac{\text{سعر المنافس}}{(1 + \text{هامش الربح})} \qquad (13.7)$$

يُحصل على الكلفة المستهدفة هذه قبل تصميم المنتج، وتُستخدم كهدف للتصميم الهندسي وللتوريد والإنتاج.



الشكل 6.7: مفهوم الكلفة المستهدفة وعلاقتها بالتصميم.

المثال 7-11

استرجع مسألة مجموعات الصمامات التي نوقشت في المثال السابق. وافترض أن مسح السوق بيّن أن سعر مبيع أفضل منتج منافس هو $27.50 لكل مجموعة صمام. فإذا كان هامش الربح المطلوب هو 10% (مبنياً على كلفة التصنيع الكلية) حدّد الكلفة المستهدفة لمجموعة الصمام؟

الحل:

لما كان هامش الربح المطلوب قد عُبّر عنه كنسبة من التكاليف الكلية للتصنيع، فيمكننا استخدام المعادلة (13.7) لتحديد الكلفة المستهدفة:

$$\text{الكلفة المستهدفة} = \frac{\$27.50}{(1+0.10)} = \$25.00$$

لاحظ أن كلفة التصنيع الكلية المحسوبة في (الشكل 5.7) تساوي 26.21 $ لكل مجموعة صمام، ولما كانت هذه الكلفة تتجاوز الكلفة المستهدفة، فهناك حاجة إما لإعادة تصميم المنتج نفسه أو عملية التصنيع، وذلك للوصول إلى سعر مبيع منافس.

الدليل المرافق في موقع الانترنيت (http://www.prenhall.com/sullivan_engineering/): قرط الحواسب يتضمن فك الحواسب القديمة، وتجديدها وإما التبرع بها أو إعادة بيعها. يتبقى من هذه العملية بعض المكونات التي لا يمكن إعادة استخدامها وهي مؤذية للبيئة وتساهم في كلفة القرط وإعادة التصنيع هذه. قم بزيارة الموقع لتطلع على تطبيقين للتكاليف المستهدف يشتملان على المواضيع التي تتضمنها عملية إعادة تصنيع الحواسب.

كما ذكر سابقاً، تبدأ عملية الحصول على الكلفة المستهدفة قبل بدء عملية التصميم. فالمهندسون يستخدمون الكلفة المستهدفة كمتطلب أداء من ناحية كلفة المنتج. فالمنتج النهائي يجب أن يحقق متطلبات الأداء من الناحية الفنية ومن ناحية الكلفة. يدعى النظر إلى الأداء من ناحية الكلفة على نفس القدر من أهمية الأداء الفني خلال عملية التصميم *بالتصميم باتجاه الكلفة design to cost*. وتبدأ خطوات التصميم باتجاه الكلفة باعتماد الكلفة المستهدفة كهدف من ناحية الكلفة للمنتج. ثم تجزأ الكلفة المستهدفة هذه إلى مجموعة من أهداف الكلفة للأنظمة الجزئية الرئيسية، وللمكونات وللمجموعات الجزئية. وتغطي أهداف الكلفة هذه أهدافاً للتكاليف المباشرة من تكاليف مواد وتكاليف يد عاملة، وعادة لا تبنى أهداف الكلفة على أنواع الكلفة غير المباشرة مثل كلف الخدمات والكلف الإدارية العامة. ومن المهم ملاحظة أنه يجب أن تكون أهداف الكلفة معقولة. فإذا كان إنجازها سهلاً للغاية، يكون حافز المصممين قليلاً من ناحية البحث عن بديل أفضل. وإذا كان من الصعب جداً إنجازها، يصبح الناس غير مهتمين.

عندما تحدد أهداف الكلفة، تبدأ عملية التصميم الهندسي الأولي. وتستخدم في ذلك وسائل تقليدية مثل بنية تقسيم العمل وتقدير الكلفة لتحضير منظور لكلفة التصنيع الكلية باعتماد أسلوب من الأسفل إلى الأعلى الذي نوقش في الفقرة السابقة. وتمثل كلفة التصنيع الكلية تقييماً أولياً لما ستتكلفه الشركة بعملية تصميم وتصنيع المنتج المدروس. ثم تقارن كلفة التصنيع الكلية بالكلفة المستهدفة. فإذا كانت كلفة التصنيع الكلية أكثر من الكلفة المستهدفة يعاد التصميم لعملية الهندسة القيمية *value engineering* (التي ستناقش في الفقرة 3.5.7) لتدقيق التصميم من الناحية الوظيفية بهدف تخفيض كلفة

التصميم. وتمثل عملية التكرار الخاصة الأساسية لخطوات التصميم باتجاه الكلفة. إن أمكن جعل كلفة التصنيع الكلية أقل من الكلفة المستهدفة، نستمر بعملية التصميم باتجاه التصميم التفصيلي لإنتاج المنتج وفق التصميم النهائي. وإذا كان من غير الممكن تخفيض كلفة التصنيع الكلية إلى مستوى الكلفة المستهدفة، فعلى الشركة حينها دراسة خيار التخلي عن المنتج جدياً.

	العمود A	العمود B		العمود C		العمود D	العمود E
		تقدير الواحدة		عامل التقدير		التقدير	مجموع
	عناصر كلفة التصنيع	الواحدة	الكلفة/الواحدة	عامل	من السطر	المباشر	السطر
A:	اليد العاملة (معمل)	34.48	$ 10.54				$ 363.42
B:	اليد العاملة في التخطيط			12%	A		43.61
C:	ضبط النوعية			11%	A		39.98
D:	مجموع اليد العاملة						447.01
E:	المصاريف العامة (معمل)			105%	D		469.36
F:	إدارة ومصاريف عامة			15%	D		67.05
G:	مواد الإنتاج					$ 167.17	167.17
H:	التصنيع خارج المعمل					28.00	28.00
I:	المجموع الجزئي						1178.58
J:	كلف التغليف			5%	I		58.93
K:	مجموع الكلفة المباشرة						1237.51
L:	كلف مباشرة أخرى			1%	K		12.38
M:	أجار المعمل						-
N:	الكلفة الكلية للتصنيع						1249.89
O:	الكمية (حجم الدفعة الواحدة)						50
P:	كلفة التصنيع/الواحدة						25.00
	السعر الذي يبيع به المنافس	$ 27.50					
	العائد المطلوب على المبيعات	10%					
	الكلفة المستهدفة	$ 25.00					

الشكل 7.7: تقدير كلفة التصنيع والتكليف المستهدف

توضح ورقة الجدولة الإلكترونية في (الشكل 7.7) استخدام صفحة تقدير كلفة التصنيع لحساب كل من الكلفة المستهدفة والتخفيضات الضرورية للكلفة للوصول إلى الكلفة المستهدفة. وكما حسب في المثال 7-11، فإن الكلفة المستهدفة لمجموعة صمام تساوي $25.00. ولما كانت كلفة التصنيع الكلية الأولية (والمحددة بمبلغ $26.21 في الشكل 5.7) أكبر من الكلفة المستهدفة، فعلينا العمل باتجاه الخلف بدءاً من كلفة التصنيع الكلية، مغيّرين قيم عنصر كلفة مختار إلى المستوى المطلوب كي نخفض الكلفة إلى الهدف المطلوب. ويمكن إنجاز طريقة تحديد أهداف جديدة للكلفة هذه لعناصر إفرادية عن طريق التجربة والخطأ (بمعالجة القيم في ورقة الجدولة الإلكترونية يدوياً) أو باستخدام ميزات "الحال solver" في الحزمة البرمجية (إذا كان متوفراً). يوضح (الشكل 7.7) إحدى النتائج الممكنة لهذه العملية. يمكن تحقيق الكلفة المستهدفة إن تكمنا من إنجاز عملية تجميع الصمامات بفعالية أكبر كتخفيض المتطلبات الكلية من اليد العاملة إلى 34.48 hr (بدلاً من 36.48). فالتحدي الآن هو إيجاد طريقة لتخفيض متطلبات اليد العاملة المباشرة، إما من خلال دراسة

المنتج ذاته أو من خلال إعادة التصميم.

المثال 7-12

باعتماد كلفة التصنيع الكلية المقدرة الحالية وهـــي 26.21 $ كما هو موضح في (الشـــكل 5.7)، حدّد هدف الكلفة لمواد الإنتاج التـــي تسمح لنا بالوصول إلى كلفة مستهدفة قدرها 25.00$؟

الحل:

باستخدام وريقة الجدولة في (الشكل 5.7)، كنقطة بداية، يكون أحد أساليب تحديد هدف الكلفة لمواد الإنتاج هو التغيير المتكرر للقيمة في السطر G العمود D حتـــى نحصل على كلفة التصنيع الكلية المطلوبة وقدرها 25.00$. ويوضح الجدول التالي سلسلة من قيم لكلف مواد الإنتاج وكلف التصنيع الكلية الناجمة عن ذلك لكل مجموعة صمام:

كلفة التصنيع الكلية لكل مجموعة صمام	كلفة مواد الإنتاج لكل 50 مجموعة صمام
$26.21	$167.17
25.84	150.00
25.63	140.00
25.42	130.00
25.21	120.00
25.00	110.00

كما هو موضح في الجدول، كلفة مواد الإنتاج 110.00$ لكل 50 دفعة من المجموعات ينجم عنها كلفة تصنيع كلية 25.00$ وهي الكلفة المستهدفة. ويترك الآن لمهندسي التصميم تحديد إمكانية استخدام مواد مختلفة أرخص أو إمكانية تحسين عملية التصنيع لتخفيض كمية تشريك المواد. والاحتمال الآخر التفاوض مع مورّد المواد على سعر شراء جديد أو البحث عن مورّد آخر.

يمكننا أيضاً استخدام ميزات "الحالّ" المتضمن في معظم حزم وريقات الجدولة الإلكترونية. و(الشكل 8.7) يبين نتائج هذا الأسلوب.

يتضمن الملحق 7-B مثالاً إضافياً عن الكلفة المستهدفة.

3.5.7 الهندسة القيمية

تقدم هذه الفقرة موضوع الهندسة القيمية Value Engineering (VE). إن غاية الهندسة القيمية (VE) تماثل غاية التصميم باتجاه الكلفة. وهدف الهندسة القيمية هو توفير وظائف المنتج بكلفة أصغرية، ومن ثم يتطلب تطبيقها فحصاً تفصيلياً لوظائف المنتج وكلفة كل منها إضافة إلى مراجعة شاملة لمواصفات المنتج. يقوم بإنجاز الهندسة القيمية (VE) فريق من المختصين من مختلف المجالات (تصميم، تصنيع، تسويق، ...الخ) حيث يركز الفريق على تحديد أفضل طريقة من ناحية التكاليف لتوفير منتج ذي قيمة عالية عند كلفة مقبولة للزبون. والتوقيت الأكثر ملاءمة لتطبيق مفهوم الهندسة القيمية يكون في المراحل المبكرة من عمر المنتج حيث توجد إمكانية للاقتصاد في الكلفة. وتطبق الهندسة القيمية بأسلوب تكراري خلال مرحلة التصميم كلما توفرت معلومات جديدة عن المنتج. ونلاحظ في (الشكل 6.7) أن وظيفة الهندسة القيمية تظهر ضمن حلقة التصميم باتجاه الكلفة وتمثل جزءاً أساسياً في عملية الحصول على كلفة تصنيع كلية أقل من الكلفة المستهدفة.

	العمود A	العمود B		العمود C		العمود D	العمود E
		تقدير للواحدة		عامل التقدير		التقدير	مجموع
	عناصر كلفة التصنيع	الواحدة	الكلفة/الواحدة	عامل	من السطر	المباشر	السطر
A:	اليد العاملة (معمل)	36.48	$ 10.54				$ 384.50
B:	اليد العاملة في التخطيط			12%	A		46.14
C:	ضبط النوعية			11%	A		42.29
D:	مجموع اليد العاملة						472.93
E:	المصاريف العامة (معمل)			105%	D		496.58
F:	إدارة ومصاريف عامة			15%	D		70.94
G:	مواد الإنتاج					$ 110.23	110.23
H:	التصنيع خارج المعمل					28.00	28.00
I:	المجموع الجزئي						1176.69
J:	كلف التغليف			5%	I		58.93
K:	مجموع الكلفة المباشرة						1237.62
L:	كلف مباشرة أخرى			1%	K		12.38
M:	آجار المعمل						
N:	الكلفة الكلية للتصنيع						1250.00
O:	الكمية (حجم الدفعة الواحدة)						50
P:	كلفة التصنيع/الواحدة						25.00
	السعر الذي يبيع به المنافس	$ 27.50					
	العائد المطلوب على المبيعات	10%					
	الكلفة المستهدفة	$ 25.00					

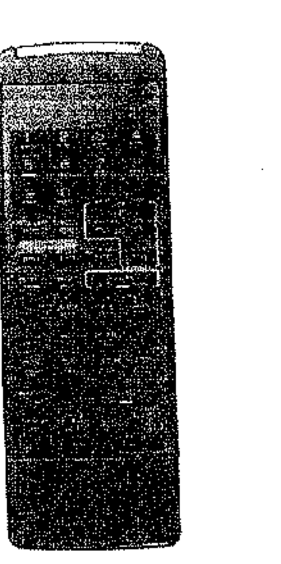
الشكل 8.7: الكلفة المستهدفة لمواد الإنتاج للمثال 7-12

إن السر في نجاح عملية الهندسة القيمية هو بوضع أسئلة حرجة وأساسية ومحاولة الحصول على أجوبة خلاّقة. ويسرد (الجدول 3.7) بعض الأمثلة عن الأسئلة التـــي يجب أن تكون متضمنة في دراسة الهندسة القيمية. من المهم استجواب كل شيء وعدم أخذ أي شيء كمسلمة لا تناقش. فأحياناً تكون فرص تخفيض الكلفة بسيطة جداً لدرجة لا تلاحظ. ويمكن الحصول على حلول خلاّقة باستخدام العصف الدماغي التقليدي Classical brainstorming أو باستخدام طريقة المجموعة الممثلة Nominal Group (المناقشة في الفصل 1). فالبدائل التـــي تبدو واعدة يجب تحليلها لتحديد إمكانية تخفيض الكلفة دون التضحية بالناحية الوظيفية للمنتج.

الجدول 3.7: قائمة التدقيق المستخدمة في الهندسة القيمية

هل جميع الوظائف الموفرة مطلوبة من قبل الزبون؟
هل يمكن استخدام مواد أرخص؟
هل يمكن الإقلال من عدد المواد المختلفة المستخدمة؟
هل يمكن تبسيط التصميم لتخفيض عدد الأجزاء؟
هل يمكن استخدام جزء مصمم لمنتج آخر؟
هل جميع السطوح تحتاج إلى تسوية وإنهاء؟
هل يمكن إلغاء العمليات الفائضة لتدقيق النوعية؟
هل إعادة تصميم المنتج يلغي مشكلة النوعية؟
هل المستوى الحالي للتغليف ضروري؟

توضح الأمثلة التالية كيفية استخدام الهندسة القيمية لدعم المنتج من الناحية الوظيفية وتحسين قيمته. وتمثل عملية إعادة تصميم جهاز تحكم عن بعد (للتلفزيون أو الفيديو) مثالاً نموذجياً عن الهندسة القيمية، فالمنتج في يسار (الشكل 9.7) يشبه الآلة الحاسبة أكثر من أن يشبه جهاز تحكم، حيث استخدمت الهندسة القيمية لتحديد كثير من الوظائف غير الضرورية التـــي لا يرغبها الزبون ولا يدفع لقائها، فكان بمقدورنا تخفيض كلف الإنتاج بدرجة ملحوظة بإلغاء هذه الوظائف غير المرغوب بها. يظهر جهاز التحكم المعاد تصميمه في الجهة اليمنـــى من الشكل بسيطاً جداً ويبدو للعيان سهل الاستخدام، فهذا التصميم يدعم قيمته من ناحية الاستخدام وقيمته من ناحية المظهر قبل النظر إلى تأثير التوفير في كلفة الإنتاج على سعر بيع المنتج.

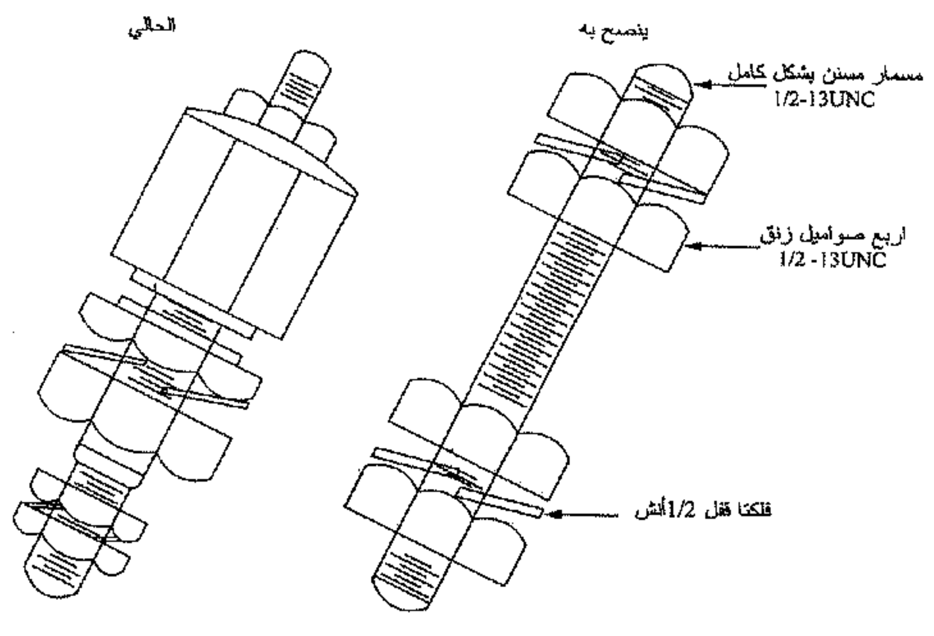



الشكل 9.7: جهاز تحكم عن بعد

طبق على موصل منظّم كهربائي (الشكل 10.7) دراسة الهندسة القيمية، تحوي مجموعة الموصل الحالي (يسار الشكل) تسعة أجزاء مختلفة، خمسة منها صنعت لهذا الموصل خاصة وأربعة شريت جاهزة. تكاليف المواد لكل وحدة تساوي 2.34$ وكلفة اليد العاملة تساوي 2.93$. الوظيفة الأساسية لمجموعة الموصل "نقل التيار"، والوظائف الثانوية "توفير مانع تسرب" و"تحقيق توصيل". بعد تطبيق منهجية الهندسة القيمية وجدنا أن وظيفة "توفير مانع تسرب" ليست ضرورية، وبإلغاء هذه الوظيفة الزائدة خفضنا عدد الأجزاء اللازمة للمجموعة إلى ثلاثة (كما هو ظاهر في الجهة اليمنـــى من الشكل 10.7). خفضت كلفة المواد لكل واحدة إلى 1.99$، أي تخفيض قدره 15%، وخفضت الكلفة الإجمالية بمقدار 38%، عدا الفوائد الأخرى التـــي تتضمن كلفاً أقل من ناحية التخزين (عدداً أقل من الأجزاء) وزمناً أقل من ناحية التصنيع والتجميع.

6.7 تقدير التدفقات النقدية لمشروع صغير نموذجي

سندرس مشروعاً نموذجياً صغيراً من تلك المشاريع التـــي نواجهها كثيراً في الحياة العملية. إلى أي مدى يمكن تطبيق الأسلوب المتكامل (الشكل 1.7) عندما يكون المشروع صغيراً وغير معقد؟ الجواب، يطبق الأسلوب المتكامل بقطع النظر عن حجم وتعقيد المشروع، ولكن يمكن إجراء عدد من التعديلات لتخفيض مستوى التفصيل ليلائم وضعاً محدداً.



الشكل 10.7: موصل كهربائي

1. *بنية تقسيم العمل WBS*، يمكن تخفيض عدد مستويات التفصيل ومجال بنية تقسيم العمل لمشروع صغير بدرجة ملحوظة. ويمكن في بعض الأحيان دمج بنية تقسيم العمل *WBS* وبنية الكلفة والعائد في صفحة حساب واحدة للحصول على تقديرات لهذه العناصر (المثال 7-13). النقطة الهامة هي أن يقيّم هذا المكون الأساسي من الأسلوب المتكامل لمشروع معين بطريقة صريحة وواضحة. فبنية تقسيم العمل *WBS* عندما تحصل بالأسلوب الملائم والمجال الملائم تسهل عملية التحليل الاقتصادي لأي مشروع.
2. *بنية الكلفة والعائد Cost and revenue structure*. يمكن تخفيض عدد أنواع وعناصر الكلفة والعائد لمعظم المشاريع الصغيرة. لكن المكون الثاني هذا لا يزال بحاجة إلى تفصيل، فمثلاً عدد عناصر كلفة التشغيل والصيانة التي يجب أخذها بالحسبان، حتى في المشروع الصغير، كبير.
3. *طرق (نماذج) التقدير Estimating techniques (models)*. إن تقدير الكلف والعوائد المستقبلية للمشاريع الصغيرة تكون عادة أقل تعقيداً. لكن لا تزال الطرق المناقشة بدءاً من الفقرة 3.2.7 إلى 4.7 تُستخدم لهذه المشاريع.

تطبق المكونات الرئيسية الثلاثة للطريقة المتكاملة هذه بقطع النظر عن حجم المشروع. إلا أن تطبيقها على المشاريع الصغيرة يتقلص من ناحية المدى بحسب قاعدة المعلومات اللازمة لتلك التطبيقات. ومن الضروري في أي دراسة اقتصادية هندسية (1) تحديد التدفق النقدي المنظور (2) تحديد أساس التقدير و(3) تحديد طول مدة التحليل (الدراسة). لا تتغير مكونات الأسلوب هذه بتغير حجم المشروع.

المثال 7-13

تعمل شركتك في تصنيع مكونات ناقل حركة ومحاور لشاحنات عالية التحمل **heavy duty trucks** كمورد رئيسي لثلاثة مصانع شاحنات. تستخدم في كل من هذه المصانع الثلاثة مبادئ المخزون حين الطلب **Just-in-time concepts**.

لذلك فإن: المنافسة من ناحية السعر، والتسليم ذا الوثوقية حسب الجداول الزمنية للتصنيع reliable delivery، ونوعية المنتج المورد تعد أموراً أساسية للحفاظ على موقع الشركة كمورد للمصانع الثلاثة. فتحقيق رغبات الزبون هذه لها دور حرج في زيادة نصيب الشركة من السوق. وبناءً على ذلك يدرس مشروع لاستبدال بعض التجهيزات الحالية بتجهيزات جديدة أوتوماتيكية لإنتاج المحاور.

يتضمن أحد البدائل المجدية تجهيزات جديدة تصنيع الشركة A. صف عملية تحديد التدفقات النقدية لهذا البديل باستخدام الأسلوب المتكامل في (الشكل 1.7). ناقش المصادر المحتملة لتجميع المعلومات الضرورية كما هو لازم (لا حاجة لذكر التفاصيل). المعلومات التالية تمثل بعض المعلومات الأساسية التـــي لها علاقة بالمشروع:

1. كلفة حيازة التجهيزات $2,650,000 (متضمنة برامج الحاسوب وكلف المنشآت الأساسية) إذا اشتريت من الشركة A. كلف المنشآت المختلفة الأخرى وتساوي $83,000 تصرف في السنة الأولى من التشغيل (أي لا تقع ضمن الكلفة الأساس للتجهيزات).
2. مدة التحليل (الدراسة) المحددة من قبل الشركة لذلك النوع من الاستثمار ست سنوات.

الحل:

إذا ابتيعت التجهيزات المؤتمتة الجديدة من الشركة A، فهي نظام كامل؛ أي لا حاجة إلى تجزئة التجهيزات والبرامج إلى عناصر جزئية لتحديد النظام بشكل صريح للحصول على تقدير للكلفة والعائد. ويمكن استخدام المستوى 1 من التفصيل لبنية تقسيم العمل WBS للمشروع ككل. وهكذا يمكن دمج بنية تقسيم العمل WBS وبنية العائد والكلفة في صفحة حساب واحدة، ففي هذه الحالة لا حاجة إلى بنية تقسيم عمل منفصلة وتفصيلية.

والمنظور الذي يجب أن يُستخدم للحصول على التدفق النقدي هو منظور الشركة (المالكين). ولما كان هذا المشروع سيحدّث العملية القائمة، فإن العملية الحالية هي أفضل أساس للتقدير ويجب استخدام الأسلوب التفاضلي للتقدير (الفقرة 2.7). لذلك تشكل معلومات الكلفة المستقاة من العملية الحالية إضافة إلى المعلومات المأخوذة من المصنّع (الشركة A) مصادر رئيسية للمعلومات اللازمة للتقدير، حيث تحدّد طريقة التقدير التـــي يجب استخدامها بناءً على قاعدة المعلومات المتوفرة.

يوضّح (الشكل 11.7) صفحة حساب نموذجية تلخص الكلف والعوائد لتحديد التدفق النقدي لست سنوات عندما تشرى التجهيزات من الشركة A. بنـــي تقدير رأس المال المستثمر بصفة رئيسية على المعلومات المأخوذة من المصنّع (كلفة التجهيزات وبرامج الحاسوب). واستخدمت تقديرات حددت داخلياً من قبل مجموعة مهندسي المشروع لتقدير العناصر الأخرى للكلفة (كلف التركيب، ورأس المال العامل، الخ...).

بنـــي تقدير الزيادة في العائد على الحصة الإضافية من السوق (حجم المبيعات) التـــي ستحققها هيئة المبيعات نتيجة للمشروع. يمكن تحديد القيمة السوقية المقدّرة للتجهيزات التـــي استبدلت والقيمة السوقية للتجهيزات الجديدة عند نهاية السنة السادسة باستخدام المعلومات المحصول عليها من الشركات التـــي تتعامل بإعادة بيع هذا النوع من التجهيزات. تقدّر كلف التشغيل والصيانة من خبرة التشغيل الحالية ومن المعلومات عن الكفاءة المتوقعة من التجهيزات الجديدة التـــي توفرها الشركة A.

العوائد	الكلف	أ – الكلف والعوائد غير المتكررة
		1. رأس المال المستثمر:
	$2,195,000	أ- التجهيزات (متضمنة تجهيزات الحاسوب)
	185,700	ب- برامج الحاسوب.
	269,300	ج- عملية التركيب الأساسية.
	83,000	د- الكلف الأخرى للتركيب.
	28,400	هـ- رأس المال العامل.
	172,400	و- تصميم وإدارة المشروع
	$2,933,900	المجموع:
		2. العائد:
$185,000		أ- ثمن التجهيزات الحالية (في السنة صفر)
310,000		ب- ثمن التجهزات الجديدة (في السنة السادسة)

العوائد	الكلف	ب- الكلف والعوائد السنوية المتكررة:
		1. كلف التشغيل والصيانة
		أ- الكلف المباشرة
$201,000		اليد العاملة
58,000		المواد
44,600		الكلف المباشرة الأخرى
		ب- الكلف غير المباشرة
14,300		العمل الإضافي / لليد العاملة
		المواد والإمداد
32,000		كلفة الجودة (خلال الإنتاج)
11,500		كلفة عدد / ومثبتات
	$18,600	صيانة
	4,200	خدمات
	28,900	ضريبة عقارات وتأمين
5,900		كلف غير مباشرة أخرى
		2. العائد
525,000		زيادة في المبيعات
$892,300	$51,700	المجموع:

الشكل 11.7: صفحة تقدير كلفة وعائد المشروع للمثال 7-13

بناءً على تقديرات الكلفة والعائد الموضحة في صفحة الحساب، فإن التدفق النقدي التقديري للبديل الذي يتضمن شراء تجهيزات جديدة من الشركة A موضح في الجدول التالي:

التدفق النقدي (الشركة A)	نهاية السنة
- $2,748,900 (= - $2,933,900 + $185,000)	0
840,600	1
840,600	2
840,600	3
840,600	4
840,600	5
1,179,000 (= $892,300 - $51,700 + $310,000 + $28,400)	6

تتضمن مبالغ التدفقات النقدية للسنة صفر وللسنة السادسة العوائد الناجمة عن التخلي عن الموجودات وهـي استرداد $185,000 و$310,000 على التوالي، كما هو مشار إليها في صفحة الحسـاب. ويتضمن المبلغ في السـنة السادسة أيضاً رأس المال العامل.

7.7 ملخص

إن تحديد التدفق النقدي لكل بديل هو خطوة مركزية ضمن إجراءات التحليل الاقتصادي الهندسي، حيث يتضمن الأسلوب المتكامل لتحديد التفقات النقدية ثلاثة مكونات رئيسية: (1) تحديد بنية تقسيم العمل WBS للمشروع، (2) بنية الكلفة والعائد التـي تحدد عناصر الكلفة والعائد التـي تتضمنها الدراسة، و(3) طرق التقدير (نماذج التقدير). أما الاعتبارات الأخرى مثل طول مدة الدراسة، المنظور والأساس الذي ينبـى عليهما تقدير التدفقات النقدية، وقاعدة المعلومات لتقدير الكلفة والعائد جميعها موضحة في (الشكل 1.7) ونوقشت في هذا الفصل.

بنية تقسيم العمل WBS طريقة فعّالة لتحديد جميع عناصر العمل وعلاقاتها المتبادلة في المشروع، فهي أداة أساسية في إدارة المشروع وساعد لا غنـى عنه في الدراسة الاقتصادية الهندسية. ويعدّ فهم هذه الطريقة وتطبيقاتها هاماً جداً لممارسة مهنة الهندسة.

إن تحديد بنية الكلفة والعائد يساعد في ضمان أن عنصر أي كلفة وأي مصدر للعائد لا يغفل عنه أثناء التحليل. ويُستخدم مفهوم دورة الحياة وبنية تقسيم العمل في تحديد بنية الكلفة والعائد للمشروع.

تستخدم طرق التقدير (النماذج) لتحديد التدفقات النقدية للبدائل التـي تحدّد بالاستفادة من بنية تقسيم العمل WBS. وهكذا فإن طرق التقدير تشكل جسراً بين بنية تقسيم العمل WBS من جهة وبين المعلومات عن الكلفة التفصيلية والعائد والتدفقات النقدية للبدائل.

8.7 مراجع

Engineering News-Record. Published monthly by McGraw-Hill Book Co., New York.

JELEN, F. C., and J. H. BLACK. *Cost and Optimization Engineering,* 2d ed. (New York: McGraw-Hill Book Co., 1983).

MATTHEWS, L. M. *Estimating Manufacturing Costs: A Practical Guide for Managers and Estimators* (New York: McGraw-Hill Book Co., 1983).

MICHAELS, J. V., and W. P. WOOD. *Design to Cost* (New York: John Wiley & Sons, 1989).

OSTWALD, P. F. *Engineering Cost Estimating,* 3d ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1992).

PARK, W. R., and D. E. JACKSON. *Cost Engineering Analysis: A Guide to Economic Evaluation of Engineering Projects,* 2nd ed. (New York: John Wiley & Sons, 1984).

STEWART, R. D. *Cost Estimating* (New York: John Wiley & Sons, 1982).

STEWART, R. D., R. M. WYSKIDA, and J. D. JOHANNES, eds. *Cost Estimators' Reference Manual,* 2d ed. (New York: John Wiley & Sons, 1995).

9.7 مسائل

يشير العدد الظاهر بين هلالين ( ) الذي يلي كل مسألة، إلى الفقرة التـي أخذت منها هذه المسألة.

1.7 افحص جزّازة عشب للاستخدام المنـزلي وهي (أ) غير تراكبية (ب) وعرض القطع لها قرابة 12 انش (ج) وتدار

بمحرك تبريد هواء باستطاعة 3.5 إلى 5 حصان. حدّد بنية تقسيم العمل لهذا المنتج حتـــى المستوى الثالث (2.7).

2.7 تخطّط لبناء منـــزل جديد ذي طابق واحد بمساحة إجمالية للمعيشة من 2000 إلى 2500 قدم مربع تقريباً، وتخطط إضافة إلى ذلك لبناء موقف للسيارات ملاصق للبناء يتسع لسيارتين بمساحة إجمالية قدرها 450 قدم مربع تقريباً. حدّد بنية الكلفة والعائد لتصميم وتشييد وأشغال هذا البناء لمدة 10 سنوات، ثم بَيْع المنـــزل فـــي نهاية السنة العاشرة (2.7).

3.7 افترض أن ابن حَميك قرر إنشاء شركة لتصنيع عشب صناعي لملاك المنازل ويتوقع ابن حَميك بدء الإنتاج خلال 18 شهراً. خلال تقدير التدفقات النقدية للشركة، أي البنود التالية سيكون من السهل أو من الصعب نسبياً الحصول عليه؟ اقترح أيضاً كيف يمكن تقدير كل منها ضمن دقة معقولة؟ (2.7).

أ. كلفة الأرض لكل 10,000 قدم مربع بناء.

ب. كلفة البناء (باستخدام بلوك من الرماد البركانـــي للإنشاء).

ج. رأس المال العامل البدائي.

د. الكلفة الكلية لرأس المال المستثمر.

هـ. كلف المواد وكلف اليد العاملة للسنة الأولى.

و. عوائد المبيعات في السنة الأولى.

4.7 اشتُريت آلة تصنيع في العام 2000 بمبلغ 200,000 دولار ويجب أن تستبدل في نهاية عام 2005. ما هي الكلفة التقديرية لاستبدالها بناءً على المؤشرات التالية لكلفة الآلة؟ (3.7).

السنة	المؤشر	السنة	المؤشر
2000	223	2003	257
2001	238	2004	279
2002	247	2005	293

5.7 حضّر مؤشر مركّب لكلف تشييد مساكن في العام 2004 باستخدام المعلومات التالية: (3.7)

نوع المسكن	السنة الأساس أو المرجع السنة: النسبة (بالمئة)	الكلفة دولار/ قدم مربع		2004	
وحدات منفردة	70	41		62	
وحدات دوبلكس	5	38	$/ft^2$	57	$/ft^2$
وحدات متعددة الطوابق	25	33		53	

6.7 يوضح الجدول المرفق العناصر الرئيسية لكلفة تصنيع نموذج لآلة تحكم إلكترونية، ويوضح أيضاً مؤشرات الكلفة للسنة الأساس أو المرجع وللسنة الحالية (3.7).

عنصر الكلفة	نسبة من كلفة التصنيع	مؤشر(سنة المرجع)	مؤشر(السنة الحالية)
اليد العاملة في المعمل	%13	131	176
المواد المباشرة	20	150	210
المكونات المشتراة	32	172	231
الكلف غير المباشرة	21	160	190
الهندسة	8	135	180
الكلف الأخرى	6	140	172

أ. بناءً على هذه المعلومات حدّد مؤشر مركّب للكلفة لسنة المرجع وللسنة الحالية؟

ب. إذا كانت كلفة تصنيع الآلة 314,300$ في سنة المرجع، فما هو تقديرك نصف التفصيلي لكلفة التصنيع في السنة الحالية؟

7.7. بنيت منشأة تقطير صغيرة في عام 2000 بكلفة إجمالية قدرها 650,000$. يحوي الجدول المرفق معلومات إضافية (جميع مؤشرات عام 1995 = 100). (3.7).

عنصر الكلفة	النسبة الوسطية من الكلفة الكلية لمنشأة التقطير	مؤشر (عام 2000)	مؤشر (عام 2004)
اليد العاملة	30	160	200
المواد	20	145	175
التجهيزات	50	135	162

أ. احسب المؤشر المثقّل لتشييد منشأة التقطير في عام 2004؟

ب. حضّر تقدير موازنة للمنشأة في عام 2004.

8.7 كان سعر شراء مرجل تجاري يدار بالغاز الطبيعي منذ ثمانـــي سنوات (باستطاعة X) 181,000$. يرغب الآن بشراء مرجل آخر له نفس التصميم ولكن باستطاعة قدرها $1.42X$. إذا شري هذا المرجل سيضاف إليه بعض الميزات الخيارية تكلّف حالياً 28,000$. فإذا كان مؤشر الكلفة لهذا النوع من التجهيزات يساوي 162 للمرجل المشترى ذي الاستطاعة X، ومؤشر الكلفة الآن يساوي 221، وكان عامل كلفة الاستطاعة المطبق يساوي 0.8، ما هو تقديرك لسعر شراء المرجل الجديد؟ (4.7, 3.7).

الجدول P7.9: صفحة حساب للمسألة 9.7

1. وصلات بين الأبنية	150-100 دولار/
2. وصلات ضمن الأبنية	50-20 دولار / قدم
3. تركيب الكبل	20 دولار / قدم
4. التجهيزات	
آ – مضخم الحزمة العريضة CATV	500 - 1,500 دولار
– موزعات taps	20-17 دولار/ وحدة
– مقسّمات splitters	15-5 دولار / وحدة
– وحدات تواصل الشبكة NIUs	500 - 1,000 دولار / بوابة (بورت)
– مودم modems	1,000 دولار / وحدة
ب – الحزم الأساسية	
– وحدات تواصل الشبكة NIUs	600 دولار / بورت
– مكرر repeaters	1,200 - 1,500 دولار /وحدة
– موزعات / بث واستقبال	300-200 دولار / وحدة
ج – مدير الشبكة	10,000 - 30,000 دولار
– محلل الشبكة	30,000 دولار

9.7 استخدم طريقة العامل لتقدير كلفة إنشاء شبكة اتصال محلية ضمن بيئة معمل له المواصفات التالية: مبنـــى كبير على منسوب واحد سوف يحتاج إلى كمية إجمالية قدر له 3000 قدم كبل coaxial لتشبيك المعمل بأقسامه الستة

وسيحتاج أيضاً إلى ستة وحدات تواصل شبكة network interface unit وخمسون موزعاً taps لوصل جميع محطات العمل المتوقع استخدامها والأجهزة المبرمجة. وهناك حاجة إلى جهازي تواصل عبر الهاتف مودم modem إضافة إلى محلل ومدير للشبكة يكلّف 30,000$. يمكن الحصول على المعلومات الضرورية لتحديد التقدير من صفحة الحساب الموضحة في الجدول التالي (P7.9)، ماذا باعتقادك ستكون دقة مثل ذاك التقدير؟ (3.7).

10.7 يكلّف إنشاء معمل أمونيا ينتج 500,000 باوند في السنة 2,500,000$ منذ ثمانـــي سنوات، ماذا يكلّف الآن معمل ينتج 1,500,000 باوند في السنة؟ افترض أن مؤشر كلفة الإنشاء ازداد وسطياً بمعدّل 12% في السنة للسنوات الثمانـــي الماضية، وعامل كلفة الاستطاعة X لتضمين إنتاج الحجم يساوي 0.65 (4.7).

11.7 قدّرت الكلفة الوسطية السنوية لامتلاك واستخدام سيارة بأربع اسطوانات في عام 2000 بـــ 0.42$/ميل مبنية على أساس 15,000 ميل في السنة، وتقسيم الكلفة إلى مكوناتها موضح في الجدول التالي: (3.7).

أ. إذا خطط مالك هذه السيارة أن يقودها بمعدل 15,000 ميل خلال سنة 2002، ماذا ستكون كلفة امتلاك واستخدام السيارة؟

عنصر الكلفة	الكلفة / ميل
اهتلاك	$0.210
بنـــزين وزيت	0.059
كلفة تمويل	0.065
كلف تأمين(متضمنا" الاصطدام)	0.060
ضرائب، ورخصة ورسوم تسجيل	0.015
إطارات	0.011

ب. إذا قام الشخص بقيادة السيارة فعلياً 30,000 ميل في عام 2002، حدّد بعض المبررات التـــي تفسر لماذا لا تكون كلفته الفعلية تساوي ضعف الجواب الذي حصل عليه في (أ).

12.7 كلفة مجموعة توليد كهرباء استطاعة 80 كيلو واط تعمل بالديزل 160,000$ منذ ست سنوات وكان مؤشر الكلفة لهذا الصنف من التجهيزات في ذلك الوقت 187 والآن يساوي 194 وعامل كلفة الاستطاعة يساوي 0.60 (4.7).

أ. يدرس مهندسو المعمل استخدام وحدة توليد باستطاعة 120 كيلو واط لها نفس التصميم العام لتزويد آلة صغيرة منفصلة بالطاقة. افترض أننا نحتاج إلى إضافة ضاغط (يقدّر تقديراً منفصلاً) يكلّف حالياً 18,000$. حدّد الكلفة الكلية لوحدة التوليد هذه؟

ب. قدّر كلفة وحدة توليد استطاعة 40 كيلو واط لها نفس التصميم العام، أضف كلفة الضاغط 18,000$.

13.7 قرر مدير معمل MOMAX,Inc أن قسم الإنتاج بحاجة إلى مصعد هيدروليكي جديد. فإذا كانت كلفة مصعد استطاعته 15,000 باوند منذ عشرة سنوات 200,000 دولار، والحاجة الآن إلى مصعد استطاعته 125,000 باوند، فما هي كلفة المصعد الجديد؟ علماً أن مؤشر الكلفة حالياً 343.8 وكان يساوي 171.6 منذ عشر سنوات. عامل كلفة الاستطاعة لهذا النوع من التجهيزات يساوي 0.8.

14.7 شري مبادل حراري مصنع من أنابيب وغلاف مساحته 250 قدم مربع بمبلغ 13,500 دولار في عام 1994 عندما كان مؤشر القيمة يساوي 830. قدّر كلفة مبادل مساحته 150 قدم مربع عام 2006 عندما يكون مؤشر القيمة

يساوي 964 وعامل كلفة الاستطاعة الملائم 0.60 (4.7).

15.7 طوّر قسم التصميم الإنشائي في المؤسسة الإقليمية لخدمات الطاقة الكهربائية عدة تصاميم نموذجية لمجموعة من أبراج متماثلة لخطوط نقل القدرة، يُبنى التصميم التفصيلي لكل برج على إحدى هذه التصاميم النموذجية. صودق أخيراً على مشروع خط نقل للقدرة يتضمن 50 برجاً. يقدّر عدد ساعات التصميم اللازمة لإنجاز التصميم التفصيلي لأول برج بـ 126 ساعة. بفرض أن منحني التعلم 95% (أ) فما هو تقديرك لعدد ساعات التصميم اللازمة لتصميم البرج الثامن وعدد الساعات اللازمة لتصميم آخر برج في المشروع؟ (ب) ما هو تقديرك لعدد الساعات الوسطي التراكمي اللازم لأول خمسة تصاميم؟ (4.7).

16.7 الزمن اللازم لإنتاج الوحدة الثانية والثلاثين من منتج معين 8.74 ساعة. فإذا كان منحني التعلّم، بناءً على خبرة سابقة مع نفس المنتج، 85% (أ) ماذا كان عدد الساعات اللازمة لإنتاج الوحدة الأولى؟ (ب) ما هو عدد الساعات المقدّرة اللازمة لإنتاج؟ (4.7).

17.7 تصل التكاليف الإدارية لشركة حالياً $\$X$ في الشهر. يستعد فريق الإدارة في الشركة بالتعاون مع مستخدميها لتطبيق برنامج تحسين لتخفيض هذه التكاليف. إذا (أ) اعتمدت مراقبة التكاليف الإدارية لمدة شهر واحد حدد أثرها في الوحدة المنتجة؟ (ب) قدّرت التكاليف الإدارية لأول شهر من تطبيق البرنامج بـ $1.15X$ بسبب الجهود الإضافية؟ (ج) اعتمدت منحني تحسن 90% مطبق على هذه الحالة ما هو تقديرك لنسبة التخفيض في التكاليف الإدارية الحالية لكل شهر بعد 30 شهراً من تطبيق البرنامج؟ (4.7).

18.7 بالعودة إلى المسألة 2.7، قررتَ بناء منزل بطابق واحد بمساحة إجمالية للمعيشة قدرها 2,450 قدم مربع ومرآب ملاصق للبناء يتسع لسيارتين بمساحة إجمالية 450 قدم مربع (مع متسع للتخزين).

أ. حدّد بنية تقسيم العمل WBS (حتى المستوى 3) محدّداً عناصر العمل التي يتضمنها تصميم وتشييد المنزل. (2.7).

ب. حدّد تقديراً نصف تفصيلي لكلفة رأس مالك المستثمر المتعلق بالمشروع حتى زمن بدء إشغالك الأول للمنزل. (لاحظ أن مشرفك سوف يزودك بالمعلومات الإضافية ليساعدك بهذا الجزء من المسألة) (3.7).

19.7 يمكن تعديل النموذج الأساسي للتصنيف الأسي **power-sizing model** [المعادلة (4.7)] لتمثيل حالة تقدير معينة بوجه أفضل. لننظر إلى حالة نظام مستودعات مؤتمت لمركز توزيع جديد يتعامل مع بضائع مصندقة (مثلاً مركز توزيع تابع لشركة سوبر ماركت). يمكن تعديل المعادلة (4.7) لتحسين قدرتها على تقدير رأس المال المستثمر اللازم لهذا المشروع (نظام) عن طريق (أ) فصل جزء التجهيزات والتركيب من رأس المال المستثمر (الذي يمكن تقديره بواسطة النموذج الأسي) عن المشروع ودعم جزء الكلفة المتعلق بالتصميم، والمشتريات، وإدارة المشروع... الخ من رأس المال المستثمر. (ب) تعديل جزأي الكلفة الأولية بناءً على التغيرات في مؤشر السعر باعتماد معلومات عن تركيب نظام سابق يمكن المقارنة به (في سنة المرجع) أي إن الشكل المعدّل للمعادلة (4.7) سيكون كما يلي:

$$C_A = C_{B1}(S_A / S_B)^X (\bar{I}_{B1}) + C_{B2}(\bar{I}_{B2})$$

حيث

C_A = الكلفة المقدّرة لنظام مستودعات مؤتمت جديد.

C_{B1} = كلفة التجهيزات والتركيب لنظام سابق يمكن المقارنة به.

C_{B2} = تكاليف متممات داعمة أخرى للمشروع لنظام سابق يمكن المقارنة به.

S_A = استطاعة نظام المستودعات المؤتمت الجديد.

S_B = استطاعة النظام السابق الذي يمكن المقارنة به.

X = عامل كلفة الاستطاعة للتعبير عن اقتصادية الحجم.

$\bar{I}_{B1}$ = نسبة عامل الكلفة المركّب (الحالي/المرجع) لتكاليف التجهيزات والتركيب.

$\bar{I}_{B2}$ = نسبة عامل الكلفة المركّب (الحالي/المرجع) لتكاليف الدعم الأخرى.

تكاليف التجهيزات والتركيب			
عنصر الكلفة	الثقل	مؤشر (سنة المرجع)	مؤشر(هذه السنة)
التجهيزات الميكانيكية	0.41	122	201
تجهيزات الأتمتة	0.22	131	212
تجهيزات التركيب	0.09	118	200
عمال التركيب	0.28	135	184

أ. بناء على المعلومات السابقة، حدّد نسب مؤشر كلفة لـ$\bar{I}_{B1}$ ولـ $\bar{I}_{B2}$ (3.7).

ب. حدّد الكلفة التقديرية لرأس المال المستثمر لنظام مستودعات مؤتمت جديد علماً أن كلفة التجهيزات والتركيب لنظام سابق يمكن المقارنة به كانت تساوي $1,226,000، واستطاعة النظام الجديد 11,000 صندوق من البضائع لكل واردية مدتها ثمان ساعات، واستطاعة النظام السابق 5,800 صندوق لكل واردية مدتها ثمان ساعات، وعامل كلفة الاستطاعة 0.7، وتكاليف المتممات الأخرى الداعمة للمشروع للنظام السابق كانت تساوي $234,000 (4.7, 3.7).

تكاليف متممات داعمة أخرى للمشروع			
عنصر الكلفة	الثقل	مؤشر (سنة المرجع)	مؤشر(هذه السنة)
الهندسة	0.38	136	206
إدارة المشروع	0.31	128	194
المشتريات	0.11	105	162
متممات أخرى داعمة	0.20	113	179

20.7 تتعلق كلفة إنشاء سوبر ماركت بالمساحة الإجمالية للبناء. يبين الجدول المرفق معلومات تخص العشر سوبر ماركت الأخيرة التـــي بنيت لشركة Regork,Inc..

رقم البناء	المساحة (قدم مربع)	الكلفة
1	14,500	$800,000
2	15,000	825,000
3	17,000	875,000
4	18,500	972,000
5	20,400	1,074,000
6	21,000	1,250,000
7	25,000	1,307,000
8	26,750	1,534,000
9	28,000	1,475,500
10	30,000	1,525,000

أ. حدّد علاقة تقدير كلفة CER لإنشاء سوبرماركت. استخدم العلاقة CER لتقدير كلفة الخزن التالي لشركة Regork المخطط أن تكون مساحته تساوي 23,000 قدم مربع (4.7).

ب. احسب الخطأ المعياري وعامل الارتباط لعلاقة تقدير الكلفة CER المحددة في (أ) (4.7).

21.7 يمكن في قسم التغليف لموزع قطع تبديل سيارات تحديد تقدير معقول لتكاليف جمع وتغليف الطلبية بمعرفة وزن الطلبية. وبذلك يكون، الوزن هو محدد للكلفة ويشكل جزءاً كبيراً من تكاليف جمع وتغليف الطلبيات في هذه الشركة. ويبين الجدول التالي معلومات عن 10 طلبيات سابقة (4.7).

تكاليف الجمع والتغليف (دولار) Y	الوزن (باوند) X
97	230
109	280
88	210
86	190
123	320
114	300
112	280
102	260
107	270
86	190

أ. حدّد العوامل a وb التـي تحدّد معادلة الارتباط الخطي لتلبيق هذه المعلومات.

ب. ما هو عامل الارتباط (r)؟

ج. إذا كانت طلبية تزن 250 باوند، فكم تكلف عملية جمعها وتغليفها؟

22.7 باستخدام صفحة حساب التكاليف الموضحة في هذا الفصل، قدّر كلفة الواحدة وسعر البيع لتصنيع قطّاعات شريط معدنـي بمجموعات عدد كلٍّ منها مئة واحدة ضمن المعطيات التالية: (5.7).

اليد العاملة المباشرة في المعمل:	4.2 ساعة بمعدل $11.15 في الساعة.
تكاليف عامة في المعمل:	150% من اليد العاملة في المعمل.
التصنيع خارج المعمل:	$74.87
مواد الإنتاج:	$26.20
تكاليف الجمع والتغليف:	7% من اليد العاملة في المعمل
الربح المطلوب:	12% من التكاليف الكلية للتصنيع.

23.7 طلب منك تقدير سعر البيع لواحدة الإنتاج لخط جديد من الإكسسوارات ضمن المعلومات التالية:

يد عاملة مباشرة:	$15.00 في الساعة.
مواد إنتاج:	$375 لكل 100 وحدة.
كلف عامة في المعمل:	125% من اليد العاملة.
كلف جمع وتغليف:	75% من اليد العاملة.

الربح المطلوب: 20% من التكاليف الكلية للتصنيع.

تُبيِّن الخبرة السابقة أنه ينطبق منحنـــي تعلّم 80% على اليد العاملة اللازمة لإنتاج الإكسسوارات. وقُدّر الزمن اللازم لإنجاز أول وحدة بـــ 1.76 ساعة. استخدم الزمن المقدّر لإنجاز الوحدة 50 كزمن معياري لتقدير سعر البيع للواحدة. (5.7, 4.7).

24.7 تخطط شركة تصنيع إلكترونيات لتنـــزيل منتج جديد إلى السوق، ويبيع أفضل منافسيها منتجاً مماثلاً بسعر 420 دولار للواحدة، وفيما يلي باقي المعلومات:

يد عاملة مباشرة:	$15.00 في الساعة.
تكاليف عامة في المعمل:	120% من اليد العاملة.
مواد إنتاج:	$300 للواحدة.
تكاليف تغليف:	20% من اليد العاملة.

وُجد أنه يمكن تطبيق منحنـــي تعلّم 85% على اليد العاملة اللازمة للإنتاج. قدّر الزمن اللازم لإنتاج أول واحدة بـــ 5.26 ساعة، فقررت الشركة استخدام الزمن اللازم لإنجاز الوحدة رقم عشرين كمعيار لغرض تقدير الكلفة. وبنـــي هامش الربح على التكاليف الكلية للتصنيع.

أ. بناءً على المعلومات المذكورة، حدّد الهامش الأعظمي للربح الذي يمكن للشركة الحصول عليه بحيث تبقى منافسة (5.7, 4.7).

ب. إذا رغبت الشركة بالحصول على هامش ربح قدره 15%، هل يمكن تحقيق الكلفة المستهدفة؟ إذا كان ذلك غير ممكن، اقترح طريقتين لتحقيق الكلفة المستهدفة **target cost**.

25.7 ضمن المعلومات التالية، ما هو عدد الوحدات التـــي يجب أن تباع للحصول على ربح قدره $25,000؟ (لاحظ أن الوحدات المبيعة يجب أن تأخذ بالحسبان الكلفة الكلية للإنتاج (مباشرة وعامة) إضافة إلى الربح المطلوب) (5.7, 4.7).

ساعات اليد العاملة المباشرة:	0.2 ساعة لكل واحدة
تكاليف اليد العاملة المباشرة:	$21.00 في الساعة.
كلفة المواد المباشرة:	$4.00 للواحدة.
تكاليف عامة:	120% من اليد العاملة المباشرة.
تغليف وشحن:	$1.20 للواحدة.
سعر البيع:	$20.00 للواحدة.

26.7 تحاول شركة حواسيب شخصية تقديم موديل جديد من الحواسيب الشخصية PC إلى السوق، وحسب قسم التسويق فإن أفضل سعر مبيع لموديل مماثل من منافس ذي سمعة عالية 2,500 دولار لكل حاسوب. ترغب الشركة أن تبيع بنفس سعر أفضل منافسيها. وفيما يلي تقسيم لمكونات الكلفة للموديل الجديد:

زمن التجميع لأول وحدة:	1.00 ساعة.
زمن النقل أثناء التجميع:	10% من زمن التجميع.

معدّل اليد العاملة المباشرة:	$15.00/ساعة.
تخطيط:	10% من اليد العاملة المباشرة.
ضبط النوعية:	50% من اليد العاملة المباشرة.
كلف عامة في المعمل:	200% من مجمل اليد العاملة.
مصاريف إدارية عامة:	300% من مجمل اليد العاملة.
كلفة مواد مباشرة:	$200.00 /حاسوب.
كلفة تصنيع خارج المعمل:	$2,000 /حاسوب.
كلفة صندقة:	10% من مجمل اليد العاملة.
آجار التسهيلات:	10% من مجمل اليد العاملة.
الربح:	20% من الكلفة الكلية للتصنيع.
عدد الوحدات المنتجة:	20,000

ولما كانت الشركة تنتج بالدرجة الأولى مجموعات جزئية تشترى من مصنِّعين آخرين ثم تجمع هذه المجموعات، فإن كلفة المواد المباشرة تقدّر بـ $200 /حاسوب فقط. ويتألف زمن اليد العاملة المباشرة من زمن نقل المنتج أثناء التجميع ومن زمن تجميع، وتقدّر الشركة منحنـي التعلّم لتجميع الموديل الجديد بـ 95%. احسب الكلفة الكلية للتصنيع للعشرين ألف حاسوب شخصي وحدّد سعر مبيع الواحدة. كيف يمكن للشركة أن تخفّض تكاليفها لتحقق الكلفة المستهدفة حسب المعادلة 13.7؟ (4.7, 3.7).

27.7 استخدم (الشكل 1.7) ومعلومات ونتائج المسألة 18.7 لتحدد تقديراً للتدفق النقدي الصافي قبل الضرائب يغطي 10 سنوات لامتلاك منـزل. افترض أن المنـزل بيع (الخلاص) في نهاية العشر سنوات. احصل (محلياً) على كلفة الإشغال، والصيانة، وإعادة البيع وأي معلومات أخرى تتعلق بامتلاك المنـزل تساعد على تحديد تقديرات التدفق النقدي لمدة عشر سنوات. أشر إلى طرق التقدير التـي استخدمتها في تقدير التدفق النقدي. حدّد الافتراضات التـي اعتمدتها. (6.7).

28.7 أُنشيء معمل صغير وعُرفت تكاليف إنشائه، ويطلب تقدير كلفة إنشاء معمل جديد باستخدام النموذج الأسي لتقدير الكلفة. يوضح (الجدول P7.28) التجهيزات الرئيسية، والتكاليف والعوامل. (لاحظ أن $mW = 10^6$ Watts)، إذا كانت التجهيزات المساعدة ستكلف $200,000 إضافية، أوجد كلفة المعمل المقترح. (4.7).

الجدول P7.28: للمسألة 28.7

التجهيزات	الحجم المرجع	كلفة الواحدة للمرجع	عوامل كلفة الاستطاعة	حجم التصميم الجديد
مرجلين	6 mW	$300,000	0.80	10 mW
مولدين	6 mw	400,000	0.60	9 mW
خزان	80,00 gal	106,000	0.66	91,500 gal

29.7 إذا كان إنتاج الوحدة المنتجة الثالثة يحتاج إلى 846.2 ساعة يد عاملة، وإنتاج الوحدة الخامسة يحتاج إلى 873 ساعة، حدّد خوص منحنـي التعلّم (4.7).

30.7 تخطط شركتك إنتاج وبيع أقراص حاسوب ذات كثافة مضاعفة على الجهتين وباستطاعة تخزين 2 ميغا بايت. وتنتج الأقراص بتركيب رقاقة مغناطيسية ضمن جيب من البلاستيك. ويلزم لذلك إنجاز ثلاثة عمليات رئيسية:

1. قص أقراص من الرقاقة المغناطيسية حيث تشرى الرقاقة المغناطيسية بشكل لفات اسطوانية كلفة الواحدة 90$ يمكن أن يقص من اللفة الواحدة 2,000 قرص دائري. وتحتاج إلى عامل واحد لتشغيل آلة القص ويستغرق تركيب لفة مغناطيسية جديدة 8 دقائق ويستغرق قص 2,000 قرص دائري 25 دقيقة.
2. تركيب قطع التحكم في مركز القرص تكلف الواحدة 0.12$ وتركيب قطع التحكم على الأقراص المغناطيسية يحتاج فقط إلى شخص واحد. ويستغرق تركيب أول قطعة مركزية 3 ثوانٍ ويطبق منحنـــي تعلّم 80% على تركيب باقي القطع.
3. الإدخال إلى الجيوب البلاستيكية. كلفة الجيب 0.15$ ويحتاج الإشراف على عملية إدخال الأقراص إلى شخص واحد حيث تنجز هذه العملية أوتوماتيكياً بواسطة آلة تستطيع إدخال 1,500 قرص في الساعة. وتشرى الرقاقة والقطع المركزية والجيوب من مصنّع خارجي. ويجب تصنيع كمية كلية قدرها 10,000 قرص. باقي المعلومات التـــي تتعلق بالكلفة كما يلي:

معدّل الأجر لليد العاملة المباشرة : 15.00$ /ساعة.

يد عاملة للتخطيط: 15% من اليد العاملة في المعمل.

ضبط النوعية: 30% من اليد العاملة في المعمل.

كلف إدارية عامة: 80% من إجمالي اليد العاملة.

مصاريف عامة وإدارية: 50% من إجمالي اليد العاملة.

تكاليف الصندقة: 100%من إجمالي اليد العاملة.

هامش الربح: 15% من الكلفة الكلية للتصنيع.

أ. بناءً على هذه المعلومات قدّر سعر مبيع القرص الواحد (5.7).

ب. احسب الكلفة المستهدفة عندما يكون السعر الذي يبيع به المنافس 0.50$ للقرص الواحد وهامش الربح المطلوب 15%. (5.7).

ج. تحرَّ عن أية بدائل لتخفيض الكلفة التـــي يمكن تطبيقها للوصول إلى الكلفة المستهدفة (5.7).

31.7 محرّض تفكير *Brain Teaser*، طلب منك إعداد تقدير لكلفة إنشاء معمل توليد كهرباء مع ملحقاته يدار بالفحم. بنية تقسيم العمل (من المستوى الأول إلى المستوى الثالث) مبينة في (الجدول P7-31)، ولديك المعلومات المتوفرة التالية:
بنـــي في عام 1977 معمل توليد يدار بالفحم حجمه ضعف حجم المعمل المطلوب منك تقدير كلفة إنشائه. كلفة مرحل عام 1977(1.2) مع نظام مساعد (1.3) تساوي 110$ مليون دولار. وكان مؤشر كلفة المراحل عام 1977 يساوي 110 ويساوي 492 عام 2000. وعامل كلفة الاستطاعة لمراحل مماثلة مع أنظمتها المساعدة يساوي 0.9.
الموقع بمساحة 600 هكتار تملكه أصلاً، إلا أنه بحاجة إلى تحسين (1.1.1) وطرق (1.1.2) تكلّف 2,000$/هكتار وسكك حديدية (1.1.3) تكلّف 3,000,000$. وتقدّر كلفة مكاملة المشروع (1.9) بـــ 3% من باقي تكاليف الإنشاء.
يتوقع أن تكلّف أنظمة الأمان (1.5.4) 1,500$/هكتار بناءً على خبرة من إنشاء معامل مماثلة عام 2000. تبنـــي جميع الخدمات المساعدة الأخرى من عناصر تجهيزات (1.5) من قبل شركة Viscount للهندسة، فقد بنت Viscount للهندسة خدمات مساعدة وعناصر تجهيزات لمعملي توليد مماثلين، يتوقع أن خبرتهم ستخفض من اليد العاملة بدرجة

ملحوظة فيمكن افتراض منحنــي تعلّم 90%. بنت Viscount الخدمات المساعدة وعناصر التجهيزات في أول مشروع لها ضمن 95,000 ساعة عمل، وفاتورة اليد العاملة لك من قبل Viscount ستكون معدّل 60$/ساعة. وتقدّر Viscount أن مواد تشييد الخدمات المساعدة وعناصر التجهيزات (ماعدا 1.5.4) ستكلفك 15,000,000$.

الجدول **P7.31**: **بنية تقسيم العمل للمسألة 31-7**

المشروع: معمل توليد كهرباء يدار بالفحم مع ملحقاته الخدمية

رقم السطر	العنوان	رمز عنصر بنية تقسيم العمل WBS
001	معمل طاقة يدار بالفحم	1.
002	الموقع	1.1
003	تحسين الأرض	1.1.1
004	طرقات، مرآب ،ومساحات معبّدة	1.1.2
005	سكك حديدية	1.1.3
006	المرجل	1.2
007	الفرن	1.2.1
008	خزان الضغط	1.2.2
009	نظام التبادل الحراري	1.2.3
010	المولّدات	1.2.4
011	النظام المساعد للمرجل	1.3
012	نظام نقل الفحم	1.3.1
013	تظام سحق الفحم	1.3.2
014	الأجهزة الدقيقة والتحكم	1.3.3
015	نظام التخلص من الرماد	1.3.4
016	المحوّلات والتوزيع	1.3.5
017	بناء مستودع الفحم	1.4
018	نظام استرداد المخزون الاحتياطي	1.4.1
019	عربة تفريغ تسير على سكة	1.4.2
020	تجهيزات نقل الفحم	1.4.3
021	أبنية وتجهيزات مساعدة	1.5
022	أنظمة النفايات الخطرة	1.5.1
023	تجهيزات مساعدة	1.5.2
024	خدمات ونظام اتصالات	1.5.3
025	أنظمة أمن	1.5.4
026	مكاملة المشروع	1.9
027	إدارة المشروع	1.9.1
028	إدارة الأمور البيئية	1.9.2
029	الأمن الصناعي للمشروع	1.9.3
030	ضمان النوعية	1.9.4
031	الاختبار، بدء التشغيل ، الإدارة المرحلية للإنتقال إلى مرحلة الاستثمار.	1.9.5

كلّف مستودع الفحم (1.4) لمعمل توليد كهرباء يدار بالفحم بنسي عام 1977، 5$ مليون دولار. بالرغم من أن معملك صغير، لكنك تحتاج إلى مستودع فحم من نفس حجم مستودع المعمل المنشأ عام 1977 افترض أنه يمكنك تطبيق مؤشر كلفة المراحل المماثلة على مستودع الفحم.

ما هو تقديرك لكلفة أنشأ معمل توليد كهرباء يدار بالفحم عام 2000؟ لخّص حساباتك على صفحة حساب تقدير الكلفة، وحدّد الافتراضات التـي اعتمدتها.

الجدول 1.A.7: معادلات خلوية للعمود E للشكل 7-5. لاحظ أنه في صفحة الحساب الإلكترونية الفعلية العمود E هو العمود H في صفحة الحساب والسطر A هو السطر 6 في صفحة الحساب.

العمود E
سطر
المجموع

```
A:  = IF($C6 > 0, $C6 * $D6, $G6)
B:  = IF($C7 > 0, $C7 * $D7, IF($F7 = "A", $E7 * $H6, $G7))
C:  = IF($C8 > 0, $C8 * $D8, IF($F8 = "A", $E8 * $H6, IF($F8 = "B", $E8 * $H7, $G8)))
D:  = SUM(J6 : J8)
E:  = IF($C10 > 0, $C10 * $D10, IF($F10 = "A", $E10 * $H$6, IF($F10 = "B", $E10 * $H$7, IF($F10 = "C", $E10 * $H$8, IF($F10 = "D", $E10 * $H$9, $G10)))))
F:  = IF($C11 > 0, $C11 * $D11, IF($F11 = "A", $E11 * $H$6, IF($F11 = "B", $E11 * $H$7, IF($F11 = "C", $E11 * $H$8, IF($F11 = "D", $E11 * $H$9, $G11)))))
G:  = IF($C12 > 0, $C12 * $D12, IF($F12 = "A", $E12 * $H$6, IF($F12 = "B", $E12 * $H$7, IF($F12 = "C", $E12 * $H$8, IF($F12 = "D", $E12 * $H$9,
      IF($F12 = "E", $E12 * $H$11, IF($F12 = "F", $E12 * $H$11, $G12)))))))
I:  = SUM($H9 : $H13)
J:  = IF($C15 > 0, $C15 * $D15, IF($F15 = "A", $E15 * $H$6, IF($F15 = "B", $E15 * $H$7, IF($F15 = "C", $E15 * $H$8, IF($F15 = "D", $E15 * $H$9,
      IF($F15 = "G", $E15 * $H$12, IF($F15 = "I", $E15 * $H$14, $G15)))))))
K:  = SUM($H14 : $H15)
L:  = IF($C17 > 0, $C17 * $D17, IF($F17 = "A", $E17 * $H$6, IF($F17 = "B", $E17 * $H$7, IF($F17 = "C", $E17 * $H$8, IF($F17 = "D", $E17 * $H$9,
      IF($F17 = "G", $E17 * $H$12, IF($F17 = "I", $E17 * $H$14, IF($F17 = "K", $E17 * $H$16, $G17))))))))
M:  = IF($C18 > 0, $C18 * $D18, IF($F18 = "A", $E18 * $H$6, IF($F18 = "B", $E18 * $H$7, IF($F18 = "C", $E18 * $H$8, IF($F18 = "D", $E18 * $H$9,
      IF($F18 = "G", $E18 * $H$12, IF($F18 = "I", $E18 * $H$14, IF($F18 = "K", $E18 * $H$16, $G18))))))))
N:  = SUM($H16 : $H18)
O:
Q:  = IF($C22 > 0, $C22 * $D22, IF($F22 = "A", $E22 * $H$6, IF($F22 = "C", $E22 * $H$8, IF($F22 = "D", $E22 * $H$9, IF($F22 = "G", $E22 * $H$12,
      IF($F22 = "I", $E22 * $H$14, IF($F22 = "K", $E22 * $H$16, IF($F22 = "P", $E22 * $H21, $G22))))))))
R:  = SUM($H21 : $H22)
```

الملحق A-7 وريقة جدولة اكسل للشكل 5.7

يحوي (الجدول 7-A-1) صيغاً للعمود E (سطر الإجمالي) (للشكل 5.7). لاحظ أن في صفحة الحساب الفعلية، العمود E هو العمود H والسطر A هو السطر 6.

استخدمت العبارات IF الضمنية لتحديد نوع التقدير الذي وفر في كل سطر. فالصيغة في الخلية تدقق أولاً إذا أدخل تقدير للواحدة. فإذا لم تدخل قيمة في عمود الواحدات (العمود C في الصيغة)، تقوم الصيغة بتحديد دخول عامل تقدير (يشار إلى ذلك بوجود حرف السطر في العمود F). إذا لم يُدخل تقدير للواحدة أو لم يُدخل عامل تقدير، يوضع سطر الإجمالي مساوياً القيمة الموجودة في العمود G الموافقة للتقديرات المباشرة.

الملحق B.7 مثال إضافي عن الكلفة المستهدفة Target Costing

الغاية من هذا الملحق تزويد القارئ بتوضيح إضافي عن الاستخدام المتكرر للتقدير بالأسلوبين "من الأعلى إلى الأسفل" و"من الأسفل إلى الأعلى" وعن مفاهيم الكلفة المستهدفة، والتصميم باتجاه الكلفة، وعن الهندسة القيمية.

المسألة هي تقدير لكلفة وسعر مبيع يد معدنية. والغاية من هذا المنتج أن تكون يد ذات استخدام عام لمجموعة من الأدوات اليدوية (المطرقة، والإزميل... الخ). بيّن مسح السوق أن أفضل سعر مبيع منافس لمنتج مماثل $10.00\$$. وحددت شركتك هامشاً للربح قدره 10% (مبنياً على الكلفة الكلية للتصنيع) لهذا النوع من المنتجات، وبذلك تكون الكلفة المستهدفة:

$$\text{الكلفة المستهدفة} = \frac{\$10.00}{1.10} = \$9.09$$

أشار التصميم الأولي إلى تصنيع اليد بخراطة قضيب من الألمنيوم. وحددت 13 عملية تستخدم الآلات لإنجاز عملية التصنيع هذه، والمطلوب إنتاج ما مجموعه 1,000 يد. استخدمت المعلومات التالية للحصول على تقدير أولي للكلفة الكلية للتصنيع:

زمن النقل (للوحدة الأولى):	15 دقيقة.
زمن الخراطة:	12 دقيقة/الواحدة.
زمن تغيير الأداة:	3.4 دقيقة/واحدة.
كلفة المواد المباشرة:	$1.40/الواحدة.
كلفة مواد الأدوات:	$5.00/أداة.
وسطي عمر الأداة:	300 دقيقة/أداة.
معدّل أجور العمالة المباشرة:	$8.00/ساعة.
عمالة التخطيط:	9% من عمالة المعمل.
ضبط النوعية:	15% من عمالة المعمل.
كلف عامة في المعمل:	90% من إجمالي العمالة.
كلف إدارية عامة:	25% من إجمالي العمالة.
تكاليف الصندقة:	$0.80s /الواحدة.

تقدير زمن اليد العاملة المباشرة:

يتألف زمن اليد العاملة المباشرة في تصنيع اليد من زمن النقل، وزمن الخراطة والتسوية وزمن تغيير الأداة. زمن النقل هو الزمن المصروف من قبل عامل الخراطة والتسوية لرفع وتنـــزيل المنتج المطلوب تصنيعه، وكذلك الزمن اللازم لتعديل وضبط الآلة. وزمن الخراطة والتسوية هو الزمن الفعلي المصروف في خراطة وتسوية المنتج. وزمن تغيير الأداة هو الزمن المصروف من قبل عامل الخراطة والتسوية في تبديل الأدوات.

هناك إحساس بإنه يمكن تطبيق منحنـــي تعلّم 90% على زمن النقل، فكلما اعتاد عامل الخراطة والتسوية على إيقاع العمل لإنتاج صرف زمناً أقل على نقل العنصر أو المنتج. وسيستخدم لأغراض التقدير الوسطي التراكمي لزمن النقل للألف يد الواجب إنتاجها. وللحصول على هذا التقدير كُتب برنامج قصير للحاسوب للحصول على الزمن الكلي للنقل لإنتاج 1,000 وحدة.

```
K = 15
n = log(0.9)/ log(2)
T = 0
FOR I = 1 to 1000
   T = T + K * I ^ n
NEXT I
C = T / 1000
```

والنتائج الحاصلة هي: $T = 6{,}180$ دقيقة و$C = 6.81$ دقيقة. وتعطى ساعات اليد العاملة الكلية في المعمل بالعلاقة:

ساعات اليد العاملة في المعمل = زمن النقل + زمن تغيير الأداة

= (6.18 دقيقة + 12 دقيقة + 3.4 دقيقة)(ساعة/60 دقيقة) = 0.36 ساعة/واحدة

تقدير كلف مواد الإنتاج:

تتألف كلف مواد الإنتاج في هذا المثال من المواد المباشرة المستخدمة لليد ومن الأدوات المستخدمة في خراطة وتسوية اليد.. وتبنـــى كلفة الأداة لوحدة الإنتاج على العمر المتوقع للأداة وعلى زمن الخراطة والتسوية لوحدة الإنتاج. والعلاقة المستخدمة لتقدير كلفة الأداة هي:

$$C_t = C_{tm} (t_m / T)$$

حيث: C_t = الكلفة الكلية (دولار/وحدة الإنتاج)

C_{tm} = كلفة مواد الأدوات أو العدد (دولار/أداة)

t_m = زمن الخراطة والتسوية (دقيقة/وحدة الإنتاج)

T = وسطي عمر الأداة (دقيقة/أداة)

بالتالي تقديرنا لكلفة الأدوات لكل وحدة إنتاج هو:

$$C_t = \left(\frac{\$5.00}{\text{tool}}\right)\left(\frac{12\,\text{min/unit}}{300\,\text{min/tool}}\right) = \frac{\$0.20}{\text{unit}}$$

وتكون الكلفة الكلية لمواد الإنتاج $1.40 /واحدة + $0.20 /واحدة = $1.60 /واحدة.

	العمود A	العمود B		العمود C		العمود D	العمود E
		تقدير الواحدة		عامل التقدير		التقدير	تقدير
	عناصر كلفة التصنيع	الواحدة	الكلفة/الواحدة	عامل	من السطر	المباشر	السطر
A:	اليد العاملة (معمل)	0.36	$ 8.00				$2.88
B:	اليد العاملة في التخطيط			9%	A		0.26
C:	ضبط النوعية			15%	A		0.43
D:	مجموع اليد العاملة						3.57
E:	المصاريف العامة (معمل)			90%	D		3.21
F:	إدارة ومصاريف عامة			25%	D		0.89
G:	مواد الإنتاج					$1.60	1.60
H:	التصنيع خارج المعمل						0.00
I:	المجموع الجزئي						9.28
J:	كلف التغليف					$0.80	0.80
K:	مجموع الكلفة المباشرة						10.08
L:	كلف مباشرة أخرى						0.00
M:	أجار المعمل						0.00
N:	الكلفة الكلية للتصنيع						10.08
O:	الكمية (حجم الدفعة الواحدة)						1
P:	كلفة التصنيع /الواحدة						10.08
Q:	الربح			10%	P		1.01
R:	سعر بيع الواحدة						$11.09

الشكل 1.B.7: التقدير الأولي لكلفة التصنيع وسعر البيع.

يبين (الشكل 1.B.7) صفحة حساب إلكترونية تامة لتقدير كلفة التصنيع. وتقديرنا الحالي للكلفة الكلية للتصنيع تساوي $10.08 وهي تتجاوز كلفتنا المستهدفة $9.09. سنحدد الآن بعض المناطق لتخفيض الكلفة وسنطبق الهندسة القيمية للحصول على التخفيض الضروري.

	العمود A	العمود B		العمود C		العمود D	العمود E
		تقدير الواحدة		عامل التقدير		التقدير	تقدير
	عناصر كلفة التصنيع	الواحدة	الكلفة/الواحدة	عامل	من السطر	المباشر	السطر
A:	اليد العاملة (معمل)	0.3135	$ 8.00				$ 2.51
B:	اليد العاملة في التخطيط			9%	A		0.23
C:	ضبط النوعية			15%	A		0.38
D:	مجموع اليد العاملة						3.11
E:	المصاريف العامة (معمل)			90%	D		2.80
F:	إدارة ومصاريف عامة			25%	D		0.78
G:	مواد الإنتاج					$ 1.60	1.60
H:	التصنيع خارج المعمل						0.00
I:	المجموع الجزئي						8.29
J:	كلف التغليف						0.80
K:	مجموع الكلفة المباشرة						9.09
L:	كلف مباشرة أخرى						0.00
M:	أجار المعمل						0.00
N:	الكلفة الكلية للتصنيع						9.09
O:	الكمية (حجم الدفعة الواحدة)						1
P:	كلفة التصنيع /الواحدة						9.09
	السعر الذي يبيع به المنافس	$ 10.00					
	العائد المطلوب على المبيعات	10%					
	الكلفة المستهدفة	$ 9.09					

الشكل 2.B.7: الكلفة المستهدفة لليد العاملة في المعمل

تحديد أهداف الكلفة للمناطق المحتملة لتخفيض الكلفة:

نستطيع الحصول على أهداف الكلفة لأنواع معينة من الكلفة بسرعة وذلك باستخدام ميزات الحالّ لحزمة وريقة الجدولة الإلكترونية. يبين (الشكل 2.B.7) أن تخفيضاً في عمالة المعمل إلى 0.3135 ساعة لوحدة الإنتاج سوف يمكننا من تحقيق كلفتنا المستهدفة. وكما هو موضح في (الشكل 3.B.7)، فإن تخفيض كلفة الصندقة لوحدها لن يسمح لنا بالوصول إلى الكلفة المستهدفة، وهذا لا يعنسي ألاّ نتجه إلى تخفيض كلفة الصندقة نهائياً، بل من الضروري تخفيض الكلفة في باقي النواحي.

	العمود A	العمود B		العمود C		العمود D	العمود E
		تقدير الواحدة		عامل التقدير		التقدير	مجموع
	عناصر كلفة التصنيع	الواحدة	الكلفة/الواحدة	عامل	من السطر	المباشر	السطر
A:	اليد العاملة (معمل)	0.36	$ 8.00				$ 2.88
B:	اليد العاملة في التخطيط			9%	A		0.26
C:	ضبط النوعية			15%	A		0.43
D:	مجموع اليد العاملة						3.57
E:	المصاريف العامة (معمل)			90%	D		3.21
F:	إدارة ومصاريف عامة			25%	D		0.89
G:	مواد الإنتاج					$ 1.60	1.60
H:	التصنيع خارج المعمل						0.00
I:	المجموع الجزئي						9.28
J:	كلف التغليف					($0.19)	(0.19)
K:	مجموع الكلفة المباشرة						9.09
L:	كلف مباشرة أخرى						0.00
M:	أجار المعمل						0.00
N:	الكلفة الكلية للتصنيع						9.09
O:	الكمية (حجم الدفعة الواحدة)						1
P:	كلفة التصنيع/الواحدة						9.09
	السعر الذي يبيع به المنافس	$ 10.00					
	العائد المطلوب على المبيعات	10%					
	الكلفة المستهدفة	$ 9.09					

الشكل 3.B.7: الكلفة المستهدفة للتغليف

تطبيق الهندسة القيمية للحصول على تخفيض الكلفة:

حدّدت ثلاث مناطق محتملة لتخفيض الكلفة: عمالة المعمل، ومواد الإنتاج، وكلفة الصندقة. ونتجت عن الدراسة المعمقة لهذه المناطق المقترحات التالية للتغيير:

1. إعادة تصميم المنتج يخفض من عدد عمليات الخراطة والتسوية (ومن ثم فهو يخفض من زمن الخراطة والتسوية) اللازمة. والتقدير الجديد لزمن الخراطة والتسوية 10.8 دقيقة. لا يتأثر زمن النقل وزمن تغيير الأدوات بهذا التغيير. والتقدير الجديد للساعات الكلية لعمالة المعمل:

عمالة المعمل = (6.18 دقيقة + 10.8 دقيقة + 3.4دقيقة)(ساعة /60 دقيقة) = 0.34 دقيقة/الواحدة

وتخفيض زمن الخراطة والتسوية سوف ينجم عنه أيضاً تخفيض في كلفة الأدوات. فتصبح الكلفة الجديدة للأدوات:

$$C_t = \left(\frac{\$5.00}{\text{tool}}\right)\left(\frac{10.8\,\text{min/unit}}{300\,\text{min/tool}}\right) = \frac{\$0.18}{\text{unit}}$$

2. التفاوض مع مورد قضبان الألمنيوم أدى إلى تخفيض كلفة المواد الخام، وذلك يعود للاتفاق، على إعادة جميع المواد المهدورة إلى المورد. وكمية هذه المواد لا يستهان بها في هذه الحالة، فتقريباً 60% من أصل المواد يزال خلال عمليات الخراطة والتسوية. والكلفة الكلية الجديدة للمواد $1.10 لكل وحدة إنتاج. وبدمجها مع الكلفة الجديدة للأدوات يصبح التقدير الجديد لكلفة مواد الإنتاج $1.28 لكل وحدة إنتاج.

3. بيّن تحليل متطلبات مواد الصندقة أن كرتوناً من نوعية أدنسى سوف يوفر الحماية المطلوبة خلال الشحن، فالتقدير الجديد لكلف الصندقة $0.55 لكل وحدة إنتاج.

يوضح (الشكل 4.B.7) تأثير هذه التغييرات على الكلفة الكلية للتصنيع. لا ينفرد أي من هذه التغييرات بإحداث التأثير المطلوب على الكلفة، إلا أن التخفيضات، بالمجمل، كافية للوصول إلى الكلفة المستهدفة.

	العمود A	العمود B		العمود C		العمود D	العمود E
		تقدير الواحدة		عامل التقدير		التقدير	تقدير
	عناصر كلفة التصنيع	الواحدة	الكلفة/الواحدة	عامل	من السطح	المباشر	السطر
A:	اليد العاملة (معمل)	0.34	$ 8.00				$ 2.72
B:	اليد العاملة في التخطيط			9%	A		0.24
C:	ضبط النوعية			15%	A		0.41
D:	مجموع اليد العاملة						3.37
E:	المصاريف العامة (معمل)			90%	D		3.04
F:	إدارة ومصاريف عامة			25%	D		0.84
G:	مواد الإنتاج					$1.28	1.28
H:	التصنيع خارج المعمل						0.00
I:	المجموع الجزئي						8.53
J:	كلف التغليف					$0.55	0.55
K:	مجموع الكلفة المباشرة						9.08
L:	كلف مباشرة أخرى						0.00
M:	أجار المعمل						0.00
N:	الكلفة الكلية للتصنيع						9.08
O:	الكمية (حجم الدفعة الواحدة)						1
P:	كلفة التصنيع /الواحدة						9.08
Q:	الربح			10%	P		0.91
R:	سعر بيع الواحدة						$ 9.99

الشكل 4.B.7: التقدير النهائي لكلفة التصنيع وسعر البيع.



الفصـل الثامن

تغيرات الأسعار ومعدلات الصرف

عندما لا يجري تبادل الوحدة النقدية مع قيمة ثابتة للسلع والخدمات في السوق، وعند توقع تغيرات ملحوظة في الأسعار مستقبلاً، فقد يقع الخيار على حل غير مرغوب فيه بين مجموعة الحلول البديلة إذا لم تؤخذ في الحسبان آثار تغيرات الأسعار عند دراسة الاقتصاد الهندسي (قبل فرض الضرائب وبعدها). يهدف هذا الفصل إلى ما يلي: (1) تقديم نهج للتعامل مع تغيرات الأسعار الناتجة عن التضخم والانكماش. (2) تطوير وإيضاح التقنيات التـــي تأخذ في الحسبان تلك الآثار. (3) مناقشة علاقة تلك المفاهيم بمعدلات الصرف الأجنبية وتحليل المشاريع الهندسية بعملات تختلف عن الدولار الأمريكي.

يُناقش في هذا الفصل المواضيع التالية:

تغيرات الأسعار.

مؤشر السعر للمستهلك CPI ومؤشر السعر للمنتج PPI.

اصطلاحات ومفاهيم أساسية.

العلاقة بين قيمة الدولار الفعلية (الحالية) والحقيقية (الثابتة).

استخدام معدلات الفائدة المركبة (السوقية) مقابل معدلات الفائدة الحقيقية.

التضخم أو الانكماش التفاضلي للأسعار.

نمذجة تغيرات الأسعار بمتتاليات هندسية للتدفقات النقدية.

مثال شامل.

معدلات الصرف الأجنبية.

1.8 تغيرات الأسعار

في الفصول السابقة، افترضنا أن أسعار السلع والخدمات في الأسواق تبقى ثابتة نسبياً خلال مدة طويلة، ولكن، لسوء الحظ، هذه الفرضية غير واقعية عموماً.

التضخم العام للأسعار، الذي يُعرَّف هنا على أنه زيادة السعر الوسطي المدفوع للسلع والخدمات، والذي يؤدي إلى تقليص القوة الشرائية للوحدة النقدية، وهو حقيقة في مجال الأعمال، يمكن أن تؤثر على المقارنة الاقتصادية بين الحلول البديلة. يُظهر تاريخ تغيرات الأسعار أن تضخم الأسعار أكثر شيوعاً من انكماشها، الذي يدل على نقصان السعر الوسطي المدفوع للسلع والخدمات، ويرافقه نقص القوة الشرائية للوحدة النقدية. ولكن تنطبق المفاهيم والمنهجية المناقَشة في هذا الفصل على أي تغير للأسعار.

يُعدّ مؤشر السعر للمستهلك Consumer Price Index (CPI) وسيلة لقياس تغيرات الأسعار في اقتصادنا (وهو تقدير

لمقدار التضخم أو الانكماش العام للأسعار الذي يشعر به المستهلك المتوسط) وهو مؤشر أسعار مركّب يقيس مقدار التغير الوسطي في الأسعار المدفوعة للغذاء والمسكن والعناية الصحية والنقل واللباس، والسلع المنتقاة الأخرى، والخدمات التـي يستخدمها الأفراد والعائلات.

وثمة مقياس آخر لتغيرات الأسعار في الاقتصاد (وهو أيضاً تقدير للتضخم أو الانكماش العام للأسعار) وهو مؤشر السعر للمنتج Producer Price Index (CPI). وفي الواقع، يُحسب عدد من المؤشرات المختلفة التـي تغطي معظم جوانب الاقتصاد الأمريكي. وتُعدّ هذه المؤشرات مقاييس مركّبة للتغيرات الوسطى في أسعار مبيع المواد المستخدمة في إنتاج السلع والخدمات. وتُحسب هذه المؤشرات المختلفة في كل مرحلة للإنتاج (المواد الخام كفلز الحديد، والمواد المتوسطة مثل صفائح الفولاذ الملفوف، والسلع المنتهية كالسيارات) تبعاً للتصنيف الصناعي القياسي SIC ورموز المنتج الفرعية لحقول التصنيف Standard Industrial Classification (SIC). وبذا، يمكن للمؤشر PPI ملاءمة حاجة معظم دراسات الاقتصاد الهندسي.

تُحسب المؤشرات CPI وPPI شهرياً من معلومات المسح الصادرة عن مكتب إحصاء العمل في وزارة العمل الأميركية. تعتمد هذه المؤشرات على المعلومات الراهنة والتاريخية، ويمكن استخدامها بالأسلوب المناسب، لتمثيل الظروف الاقتصادية المستقبلية أو للتنبؤ بها على المدى القصير فقط. ويمكن الحصول على تنبؤات طويلة الأمد لتغيرات الأسعار من الشركات الخاصة العاملة في مجال تقديم خدمات التنبؤ الاقتصادي.

الجدول 1.8: قيم CPI وPPI ومعدلات التغير السنوي للحقبة 1988-2001

العام	قيمة CPI في نهاية العام	معدل التغير السنوي (%)	قيمة PPI في نهاية العام (منتجات منتهية)	معدل التغير السنوي (%)
1988	120.5	4.42	110.0	3.87
1989	126.1	4.65	115.4	4.91
1990	133.8	6.10	122.0	5.72
1991	137.9	3.06	121.9	-0.01
1992	141.9	2.90	124.2	1.89
1993	145.8	2.75	124.5	0.02
1994	149.7	2.67	126.5	1.60
1995	153.5	2.54	129.3	2:21
1996	158.6	3.32	133.0	2.86
1997	161.3	1.70	131.4	-1.95
1998	163.9	1.6	131.1	-0.2
1999	168.3	2.7	134.9	2.9
2000	174.0	3.4	139.7	3.6
2001	178.2 (تقدير)	2.4	143.4 (تقدير)	2.6

المصدر: تقارير CPI وPPI التفصيلية، وزارة العمل الأمريكية، مكتب إحصاءات العمل (مكتب الطباعة الحكومي الأمريكي، واشنطن)

يظهر (الجدول 1.8) قيم المؤشرين CPI وPPI السنوية (للمنتجات المنتهية) المحسوبة في نهاية كل عام للحقبة 1988 – 2001. ويظهر الجدول أيضاً قيم التضخم والانكماش السنوية لكل من هذين المؤشرين، ونظراً إلى استخدام قيم المؤشرين المحسوبة في نهاية العام، فإن معدلات التغير السنوية تدل على الحوادث التـي جرت خلال السنة التقويمية المؤلفة من 12

شهرياً. تُحسب معدلات التغير المئوية (%) على النحو الآتـــي:

$$\text{(معدل التنفيذ السنوي CPI أو PPI\%)} = \frac{(Index)_k - (Index)_{k-1}}{(Index)_{k-1}}(100\%)$$

وعلى سبيل المثال، يُحسب معدل تغير المؤشر PPI (للمنتجات المنتهية السنوية) للعام 1996 كما يلي:

$$\%2.86 = 100 \times \frac{129.3 - 133.0}{129.3} = \%100 \times \frac{(PPi)_{1995} - (PPi)_{1996}}{(PPi)_{1995}}$$

في السنوات 1991، 1997، 1998، حدث انكماش وفقاً للمؤشر PPI للمنتجات المنتهية [أي تقدير المعدل العام للتضخم أو الانكماش (f)].

2.8 مصطلحات ومفاهيم أساسية

نحتاج لتسهيل سرد ومناقشة منهجية تضمين تغيرات أسعار السلع والخدمات في دراسات الاقتصاد الهندسي، إلى تعريف ومناقشة بعض المصطلحات والمفاهيم الأساسية. يُستخدم الدولار كوحدة نقدية في هذا الكتاب، باستثناء الحالة التـــي تُناقش فيها معدلات الصرف الأجنبية.

1. ***الدولار الفعلي (Actual) (A$)***: وهو عدد الدولارات المرافق لتدفق نقدي (أو تدفق لا نقدي مثل الاهتلاك) لحظة حدوثه. فعلى سبيل المثال، يخمن الناس عادة أجورهم قبل سنتين بدلالة الدولار الفعلي. ويسمى الدولار *الفعلي* أحياناً A$ بالدولار *الاسمي* nominal أو الدولار *الحالي* current، أو الدولار الراهن **then-current**، أو الدولار المتضخم inflated، وتتأثر قوته الشرائية تبعاً للتضخم أو الانكماش العام للأسعار.
2. ***الدولار الحقيقي (Real) (R$)***: وهي الدولارات المعبَّر عنها بدلالة القوة الشرائية النسبية في ذلك الوقت. فعلى سبيل المثال، تُقدّر غالباً الأسعار الواحدية المستقبلية للسلع أو الخدمات السريعة التغير بالدولار الحقيقي (نسبة إلى سنة أساس معينة) لتقديم وسيلة متسقة للمقارنة. ويسمى أحياناً الدولار الحقيقي R$ بالدولار *الثابت* ***constant***.
3. ***المعدل العام لتضخم (انكماش) الأسعار*** (f): وهو مقياس للتغير الوسطي لقوة الدولار الشرائية خلال مدة محددة. يُعرّف المعدل العام لتضخم (انكماش) الأسعار بمؤشر شائع ومنتقى لتغيرات الأسعار في السوق. وفي تحليل الاقتصاد الهندسي، يُسقط المعدل على مجال زمنـــي مستقبلي ويُعبر عنه عادة بالمعدل السنوي الفعلي. وللعديد من المنظمات الكبيرة مؤشر منتقى خاص بها، يدل على بيئة الأعمال التـــي تهتم بها.
4. ***معدل الفائدة المركبة السوقية*** (i_c): وهو المال المدفوع لاستخدام رأس المال، ويُعبّر عنه عادة بمعدل سنوي (%) يتضمن تسوية السوق بحسب المعدل العام المخمّن لتضخم الأسعار في الاقتصاد. ولذلك فهو يُعدّ معدل فائدة بحسب *السوق*، ويمثل تغير قيمة التدفق النقدي زمنياً للدولار الفعلي في المستقبل، ويأخذ في الحسبان قوة الكسب الحقيقية الكامنة للمال، وتضخم أو انكماش الأسعار العام في الاقتصاد. ويسمى أحياناً معدل الفائدة *الاسمي*.
5. ***معدل الفائدة الحقيقي*** (i_r): وهو المال المدفوع لاستخدام رأس المال، ويُعبّر عنه عادة بمعدل سنوي (%) لا يتضمن تسوية السوق بحسب المعدل العام المخمّن لتضخم الأسعار في الاقتصاد. وهو يمثل تغير قيمة التدفق النقدي زمنياً للدولار الحقيقي بالاعتماد فقط على مدة الكسب الكامنة للمال. ويسمى أحياناً معدل الفائدة *بلا تضخم*.
6. ***مدة زمن الأساس***: وهي المدة المرجعية أو الأساس المستخدمة لتعريف القوة الشرائية الثابتة للدولار الحقيقي. وفي

أغلب الأحيان، يشار عملياً إلى مدة زمن الأساس كزمن تحليل الاقتصاد الهندسي، أو كالزمن المرجعي 0 (أي $b = 0$)، ولكن يمكن إسناد أي قيمة زمنية إلى المدة b.

يمكن، بعد فهم هذه التعاريف، المضي قدماً وإيضاح بعض العلاقات المفيدة والمهمة في دراسات الاقتصاد الهندسي.

1.2.8 العلاقة بين الدولار الفعلي والحقيقي

تُعرّف العلاقة بين الدولار الفعلي (A\$) والحقيقي (R\$) بدلالة المعدل العام لتضخم (انكماش) الأسعار، أي بدلالة (f).

يمكن تحويل الدولار الفعلي لأي مدة (مثلاً لسنة محددة) k إلى دولار حقيقي ذي قوة شراء *ثابتة* في السوق لأي مدة زمنية b، بالعلاقة التالية:

$$(R\$)_k = (A\$)_k \left(\frac{1}{1+f}\right)^{k-b} = (A\$)_k (P/F, f\%, k-b) \qquad (1.8)$$

عند قيمة معطاة b. تُطبّق هذه العلاقة بين الدولار الفعلي والحقيقي على أسعار الوحدة، أي تكاليف كميات ثابتة من السلع أو الخدمات الإفرادية، المستخدمة في تقدير التدفق النقدي الفردي الخاص بمشروع هندسي معين. يمكن تضمين نوع معين من التدفق النقدي j كما يلي:

$$(R\$)_{k,j} = (A\$)_{k,j} \left(\frac{1}{1+f}\right)^{k-b} = (A\$)_{k,j} (P/F, f\%, k-b) \qquad (2.8)$$

عند قيمة معطاة b، يمثل الحدان $R\$_{k,j}$ و$A\$_{k,j}$ أسعار الوحدة، أي كلفة كمية ثابتة من السلع أو الخدمات j، خلال المدة k مقدرة بالدولار الحقيقي والفعلي على الترتيب.

المثال 1-8

لنفترض أن أجر أحد الأشخاص هو 35,000 دولار في السنة الأولى، وسيرتفع بمقدار 6% سنوياً حتى السنة الرابعة، وهذا ما يُعبّر عنه بالدولار الفعلي كما يلي:

نهاية السنة k	الراتب (A\$)
1	\$35,000
2	37,100
3	39,326
4	41,685

إذا توقع المرء أن المعدل العام لتضخم الأسعار (f) سيكون 8% وسطياً في السنة، فما هي قيم الأجور المكافئة المقدرة بالدولار الحقيقي؟ نفترض أن مدة الأساس هي السنة الأولى أي ($b = 1$).

الحل

باستخدام المعادلة (2.8)، نرى أن بالإمكان حساب القيم المكافئة للأجر بالدولار الحقيقي مباشرة بالنسبة إلى المدة الزمنية $b = 1$.

السنة	الراتب $(R\$, b = 1)$
1	$35,000(P/F, %8,0) = $35,000
2	$37,100 (P/F, %8,1) = 34,351
3	39,326 (P/F, %8,2) = 33,714
4	41,685 (P/F, %8,3) = 33,090

في السنة الأولى (وهي مدة الأساس لهذا التحليل)، يبقى الأجر الشهري المقدر بالدولار الفعلي ثابتاً، عند تحويله إلى دولار حقيقي. ويدل ذلك على نقطة مهمة. في مدة الأساس (b)، تتساوى القوة الشرائية للدولار الفعلي والحقيقي: أي $R\$_{b,}= A\$_{b,}$ ويوضح هذا المثال أيضاً ما يحدث عندما يزداد المعدل السنوي الفعلي للأجور (6% في هذا المثال) بمقدار أقل من المعدل العام لتضخم الأسعار (f). وكما نرى، يزداد التدفق النقدي للأجر المقدّر بالدولار الفعلي بطريقة مماثلة، ولكن ينقص التدفق النقدي للأجر بالدولار الحقيقي (وهذا يقابل تراجع القوة الشرائية الإجمالية في السوق). ويحدث ذلك عندما يلاحظ الأشخاص أن زيادة أجورهم لا تواكب مقدار تضخم السوق.

المثال 8-2

يحلّل فريق عمل في مشروع هندسي التوسعَ المحتمل لمنشأة إنتاج حالية. وتؤخذ في الحسبان عدة تصميمات بديلة. ويظهر في العمود 2 من (الجدول 2.8) التدفق النقدي بعد الضرائب after-tax cash flow ATCF مقدراً بالدولار الفعلي لأحد الحلول. إذا كان معدل تضخم الأسعار العام هو 5.2% سنوياً خلال مدة التحليل، فما هو التدفق النقدي ATCF بالدولار الحقيقي المكافئ للتدفق ATCF المقدر بالدولار الفعلي؟ تُفترض مدة الأساس هي السنة 0 (أي $b = 0$).

الجدول 2.8: القيم ATCFs للمثال 8-2

(1) نهاية السنة k	(2) ATCF (A$)	(3) $(P/F, f\%, k\text{-}b) = [1/(1.052)^{k-0})$	(4) ATCF (R$), b = 0
0	-$172,400	1.0	-$172,400
1	-21,000	0.9506	−19,963
2	51,600	0.9036	46,626
3	53,000	0.8589	45,522
4	58,200	0.8165	47,520
5	58,200	0.7761	45,169
6	58,200	0.7377	42,934
7	58,200	0.7013	40,816
8	58,200	0.6666	38,796

الحل:

يبين العمود 3 من (الجدول 2.8) تطبيق المعادلة (1.8). إن للقيم ATCF المقدّرة بالدولار الحقيقي والمبينة في العمود 4 قوة شرائية سنوية تعادل القيم ATCF الأصلية المقدرة بالدولار الفعلي (العمود 2).

2.2.8 معدل الفائدة الصحيح الواجب استخدامه في دراسات الاقتصاد الهندسي

يعتمد عموماً معدل الفائدة المناسب لحسابات التكافؤ في دراسات الاقتصاد الهندسي على استخدام تقديرات التدفق

النقدي بالدولار الفعلي أو الدولار الحقيقي.

الطريقة	إذا كانت قيم التدفق النقدي معطاة بدلالة	فإن معدل الفائدة الواجب استخدامه هو
A	الدولار الفعلي A$	معدل الفائدة المركب السوقية i_c
B	الدولار الحقيقي R$	معدل الفائدة الحقيقي i_r

ينبغي أن نفهم هذا الجدول حدساً كما يلي: إذا قُدِّر التدفق النقدي بدلالة الدولار الفعلي (المضخّم) استُخدم معدل الفائدة المركّبة (وهو معدل فائدة السوق مع مكون التضخم/ الانكماش). وبالمماثلة، إذا قُدِّر التدفق النقدي بدلالة الدولار الحقيقي، استُخدم معدل الفائدة الحقيقية (بدون تضخم). ولذا، يمكن إجراء تحليلات اقتصادية في مجال الدولار الفعلي أو الحقيقي، بدقة متماثلة، بشرط استخدام معدل الفائدة المناسب لحسابات التكافؤ.

ومن المهم الحفاظ على الاتساق في استخدام معدل الفائدة الصحيح لكل نوع من التحليلات (بالدولار الفعلي أو الحقيقي). ويُرتكب عندئذ خطآن شائعان هما:

معدل الفائدة	نوع التحليل	
MARR	A$	R$
i_c	صحيح	خطأ 1 الانحياز معاكس لاستثمار رأس المال
i_r	خطأ 2 الانحياز لمصلحة استثمار رأس المال	صحيح

في الخطأ 1، يُستخدم معدل الفائدة المركبة (i_c)، الذي يتضمن تسوية للمعدل العام لتضخم السعر (f)، في حسابات التكافؤ للتدفق النقدي المقدر بالدولار الحقيقي. ولما كان للدولار الحقيقي قوة شرائية ثابتة، يُعبر عنها بدلالة مدة الأساس (b)، ولا يتضمن تأثير التضخم العام للأسعار، فنحن أمام حالة عدم اتساق، وثمة توجه نحو التعبير عن التدفق النقدي المستقبلي بدلالة الدولار ذي القوة الشرائية المحددة لحظة الدراسة (أي الدولار الحقيقي مع $b = 0$)، ثم يُستخدم معدل الفائدة المركب في التحليل (إن معدل العائد الأدنـــى MARR لشركة ما هو عادة معدل فائدة مركب "سوقي"). وينتج عن الخطأ 1 انحياز ضد استثمار رأس المال. إن تقديرات التدفق النقدي بالدولار الحقيقي في مشروع ما أقل عددياً من التقديرات بالدولار الفعلي ذي القوة الشرائية المكافئة (بافتراض أن $f > 0$). إضافة إلى ذلك، تقلّص القيمة i_c (وهي أكبر من القيمة الواجب استخدامها أي i_r) القيمة المكافئة **equivalent worth** لنتائج استثمار رأس المال المقترح.

في الخطأ 2، يُقدر التدفق النقدي بالدولار الفعلي، الذي يتضمن أثر التضخم العام للأسعار (f)، ولكن يُستخدم معدل الفائدة الحقيقية (i_r) لحسابات القيم المكافئة. ولما كان معدل الفائدة الحقيقية لا يتضمن تسوية للتضخم العام للأسعار، نقف ثانية أمام حالة عدم اتساق. تختلف تأثيرات هذا الخطأ عن سابقه، إذ تؤدي إلى انحياز لمصلحة استثمار رأس المال، وذلك بمبالغة تقدير القيم المكافئة للتدفق النقدي المستقبلي.

3.2.8 العلاقة بين i_c و i_r و f

تبين المعادلة (1.8) أن العلاقة بين قيمتين بنفس القوة الشرائية في المدة k، بحيث تُقدر الأولى بالدولار الفعلي والأخرى

بالدولار الحقيقي، هي تابع للمعدل العام للتضخم (f). ويُرغب في إجراء دراسات الاقتصاد الهندسي بدلالة الدولار الفعلي أو الحقيقي. ولذا، من المهم معرفة العلاقة بين هذين المجالين، إضافة إلى معرفة العلاقة بين i_c وi_r وf، بحيث تتساوى القيم المكافئة للتدفق النقدي خلال مدة الأساس سواءً استُخدم الدولار الفعلي أم الحقيقي. إن العلاقة بين هذه العوامل الثلاثة هي (ولا تُعرض هنا طريقة الاستنتاج):

$$1 + i_c = (1 + f)\,(1 + i_r) \tag{3.8}$$

$$i_c = i_r + f + i_r\,(f) \tag{4.8}$$

$$i_r = \frac{i_c - f}{1 + f} \tag{5.8}$$

وبذلك يكون المعدل المركب (السوقي) للفائدة (المعادلة 4.8) هو مجموع معدل الفائدة الحقيقي (i_r) والمعدل لتضخم الأسعار (f)، إضافة إلى جداء هذين الحدين. وكما هو مبين في المعادلة (5.8)، يمكن حساب معدل الفائدة الحقيقية (i_r) من معدل الفائدة المركب والمعدل العام لتضخم الأسعار. وبالمماثلة، اعتماداً على المعادلة (5.8)، تعطى علاقة معدل العائد الداخلي IRR لتدفق نقدي مقدر بالدولار الفعلي (بحيث يكون للتدفقين القوة الشرائية ذاها في نفس المدة) كما يلي:

$$\text{IRR}_r = (\text{IRR}_c - f)\,/(1 + f)$$

المثال 8-3

إذا استدانت شركة ما مبلغاً قدره 100,000 $ اليوم، لتعيده بعد ثلاث سنوات، بمعدل فائدة مركب (سوقـــي) قدره 11%، فما هو المبلغ، مقدراً بالدولار الفعلي، الواجب دفعه بعد ثلاث سنوات، وما هو معدل العائد الداخلي IRR الحقيقي بالنسبة للدائن، والمبلغ المكافئ بالقوة الشرائية، المقدر بالدولار الحقيقي، للمبلغ المقدر بالدولار الفعلي في نهاية السنة الثالثة؟ نفترض أن مدة الأساس أو المرجعية هي اللحظة الراهنة (أي $b = 0$)، وأن المعدل العام لتضخم الأسعار (f) هو 5% سنوياً.

الحل

يجب على الشركة بعد 3 سنوات دفع المبلغ الأصلي 100,000 دولار مضافاً إليه الفائدة المتراكمة بالدولار الفعلي.

$$(\text{A\$})_3 = (\text{A\$})_0\,(F/P,\, i_c\%,\, 3) = \$100.000(F/P,\, 11\%,\, 3) = \$136.763.$$

وبذلك يكون معدل العائد الداخلي الفعلي للفوائد IRR_c بالنسبة للدائن هو 11%. ولذا، يمكن حساب المعدل الحقيقي للعائد بالنسبة للدائن، اعتماداً على (8-5):

$$IRR_r = \frac{0.11 - 0.05}{1.05} = 0.05714 = 5.714\%$$

في هذا المثال، يتساوى معدل الفائدة الحقيقي والمعدل IRR_r. وباستخدام هذه القيمة لحساب i_r، يصبح المبلغ الواجب دفعه، المقدر بالدولار الحقيقي، والمكافئ من حيث القوة الشرائية لمبلغ الدولار الفعلي هو:

$$(\text{R\$})_3 = (\text{R\$})_0\,(F/P,\, i_r\%, 3) = \$100.000\,(F/P,\, 5.714\%,\, 3) = \$118.140$$

يمكن التحقق من النتيجة السابقة بإجراء الحساب التالي المعتمد على المعادلة (1.8):

$$(\text{R\$})_3 = (\text{A\$})_3\,(P/F,\, f\%,\, 3) = \$136{,}763\,(P/F,\, 5\%,\, 3) = \$118.140$$

المثال 8-4

كان من المتوقع، بحسب المثال 8-1، أن يزداد الأجر بمعدل 6 % سنوياً، ويُتوقع أن يكون المعدل العام لتضخم الأسعار 8% سنوياً. ويكون عندئذٍ الأجر المتوقع للسنوات الأربع التالية مقدراً بالدولار الفعلي والحقيقي كما يلي:

نهاية السنة k	الراتب (A$)	الراتب (R$) $b = 1$
1	$35,000	%35,000
2	37,100	34,351
3	39,326	33,714
4	41,685	33,090

ما هي القيمة المكافئة (EW) للتدفقات النقدية للأجور، المقدرة بالدولار الفعلي والحقيقي، في نهاية السنة الأولى (سنة الأساس) إذا كان معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR هو 10% سنوياً (ic)؟

الحل:

(أ) إن التدفق النقدي للأجر، المقدر بالدولار الفعلي:

$$EW(10\%)_1 = \$35{,}000 + \$37{,}100(P/F, 10\%, 1) + \$39{,}326\ (P/F, 10\%, 2) + \$41{,}685\ (P/F, 10\%, 3)$$
$$= \$132{,}545$$

(ب) إن التدفق النقدي للأجر المقدر بالدولار الحقيقي هو:

$$i_r = \frac{i_c - f}{1+f} = \frac{0.10 - 0.8}{1.08} = 0.01852 = 1.852\%$$

$$EW(1.852\%)_1 = \$35{,}000 + \$34{,}351\left(\frac{1}{1.01852}\right)^1 + \$33{,}714\left(\frac{1}{1.01852}\right)^2 + \$33{,}090\left(\frac{1}{1.01852}\right)^3$$
$$= \$132{,}545$$

ولذا، نحصل على القيمة المكافئة، فـــي نهاية السنة الأولى (مدة الأســـاس)، للتدفقات النقدية للأجر بالدولار الفعلي والحقيقي عند استخدام معدل الفائدة المناسب لحسابات التكافؤ.

4.2.8 الأقساط الثابتة والمستجيبة

عندما تكون التدفقات النقدية المستقبلية محددة سلفاً بعقد، كما هو الحال في الأقساط الثابتة أو السندات المالية، فإن هذه المقادير لا تستجيب إلى التضخم العام للأسعار أو إلى انكماشها. ولكن في الحالات التـــي لا تُحدّد فيها سلفاً المقادير المستقبلية، قد تستجيب تلك المقادير إلى التغيرات العامة للأسعار. وتختلف درجة الاستجابة من حالة إلى أخرى. ولإيضاح طبيعة هذه الحالة، نأخذ حالتين للأقساط. تثبت قيمة الأقساط في الحالة الأولى (بقطع النظر عن التضخم العام للأسعار)، ولتكن قيمتها 2000 دولار سنوياً لمدة 10 سنوات، مقدرة بالدولار الفعلي. أما الأقساط في الحالة الثانية فهي تمتد على المدة ذاتها، ولكنها تخضع إلى تغير القيمة المقدرة بالدولار الفعلي مستقبلاً، لتكون مكافئة لقيمة 2000 دولار سنوياً بالدولار الحقيقي (من حيث القوة الشرائية). وبافتراض معدل تضخم عام للأسعار مقداره 6% سنوياً، يبين (الجدول 3.8) القيم المناسبة لهاتين الحالتين للأقساط خلال عشر سنوات.

الجدول 3.8: قيمة القسط الثابت والاستجابـي، مع معدل تضخم عام للأسعار قدره 6% سنوياً.

نهاية السنة k	الأقساط الثابتة		الأقساط المستجيبة	
	بالدولار الفعلي	بالدولار الحقيقي المكافئ [a]	بالدولار الفعلي	بالدولار الحقيقي المكافئ [a]
1	$2,000	$1,887	$2,120	$2,000
2	2,000	1,780	2,247	2,000
3	2,000	1,679	2,382	2,000
4	2,000	1,584	2,525	2,000
5	2,000	1,495	2,676	2,000
6	2,000	1,410	2,837	2,000
7	2,000	1,330	3,007	2,000
8	2,000	1,255	3,188	2,000
9	2,000	1,184	3,379	2,000
10	2,000	1,117	3,582	2,000

[a] انظر المعادلة (1.8)

ولذا، عندما تكون القيم ثابتة بالدولار الفعلي (أي لا تتغير مع التضخم العام للأسعار)، ينخفض المبلغ المكافئ بالدولار الحقيقي خلال عشر سنوات إلى القيمة 1,117 دولار في السنة الأخيرة. وعندما تُثبّت قيم التدفق النقدي المستقبلية المقدرة بالدولار الحقيقي (أي بجعلها تستجيب للتضخم العام للأسعار) فإن المبلغ المكافئ المقدر بالدولار الفعلي يرتفع إلى قيمة 3,582 دولار خلال عشر سنوات.

تتضمن دراسات الاقتصاد الهندسي بعض المقادير التـي لا تستجيب إلى التضخم العام للأسعار، مثل هبوط قيمة النقد، أو أجور الاستئجار، أو رسوم الفوائد المعتمدة على عقد سابق، أو القروض. وعلى سبيل المثال، عندما تتحدد مبالغ الهبوط، فهي لا تزداد (وفق ممارسات المحاسبة الراهنة) لمواكبة إيقاع تضخم الأسعار. وتُثبت عادة أجور الاستئجار ورسوم الفوائد بالعقد لمدة محددة. ولذا، فمن المهم، عند إجراء تحليل بالدولار الفعلي، تعرّف المقادير التـي لا تستجيب إلى التضخم العام للأسعار، وعند إجراء تحليل بالدولار الحقيقي ينبغي تحويل تلك المبالغ المقدرة بالدولار الفعلي إلى مبالغ مقدرة بالدولار الحقيقي بواسطة المعادلة 2.8.

وإذا لم يجرِ ذلك، ستبقى كافة التدفقات النقدية في مجال الدولار ذاته (الفعلي أو الحقيقي)، وستتشوه نتائج التحليل عندئذٍ. ولن تكون القيم المكافئة، على وجه التحديد، للتدفقات النقدية المقدرة بالدولار A$ أو R$ في ذلك التحليل متماثلة في سنة الأساس b، ولن يكون للمعدل IRR، المقدر بالدولار الفعلي والحقيقي لذلك المشروع، العلاقة الخاصة المعتمدة على المعادلة (8-5)، وهي: $IRR_r = (IRR_c - f)/(1 + f)$

5.2.8 تأثير تغيرات الأسعار على تحليل ما بعد الضرائب

قد تتضمن دراسات الاقتصاد الهندسي أيضاً، التـي تحوي تأثيرات تغيرات الأسعار الناتجة عن التضخم أو الانكماش، بعض البنود مثل رسوم الفوائد، ومقادير الاهتلاك ومدفوعات الاستئجار، ومبالغ العقد الأخرى، التـي تمثل التدفقات النقدية بالدولار الفعلي، المعتمدة على الالتزامات الماضية. ولا تستجيب هذه المقادير عموماً إلى تغيرات الأسعار الإضافية. وفي الوقت ذاته، يستجيب العديد من التدفقات النقدية الأخرى (مثل اليد العاملة والمواد) إلى تغيرات أسعار السوق. يقدم

المثال 8-5 تحليل ما *بعد الضرائب* لإظهار المعالجة الصحيحة لمختلف الحالات.

المثال 8-5

تُـــقدر تكاليف بعض التجهيزات الحديثة ذات دارات الابتـــدال الكهربائية الفعالة بقيمة 180,000 دولار. ويُقدر أن تلك التجهيزات (وفق دولار سنة الأساس، أي $b = 0$) ستقلص نفقات التشغيل الصافية بمقدار 36,000 دولار سنوياً، (لمدة عشر سنوات) وسيكون لها قيمة في السوق مقدارها 30,000 دولار في نهاية السنة العاشرة. وللتبسيط، يُعتقد أن هذه التدفقات النقدية ستزداد وفق معدل التضخم العام للأسعار ($f = 8\%$ سنوياً). ونظراً إلى سمات التحكم الحاسوبـــي الجديدة في التجهيزات، سيكون من الضروري التعاقد لتوفير الدعم والصيانة خلال السنوات الثلاث الأولى. تُقدر كلفة عقد الصيانة بقيمة 2800 دولار سنوياً. وستُهتلك قيمة التجهيزات وفق النظام MACRS، وهي تقع في فئة الممتلكات ذات السنوات الخمس. إن معدل ضريبة الدخل الفعلي (t) هو 38%، ومدة التحليل المنتقى هي 10 سنوات، ومعدل العائد الأدنـــى MARR (بعد الضرائب) هو $i_c = 15\%$ سنوياً.

(آ) هل هذا الاستثمار في رأس المال مبرر، بالاستناد إلى تحليل ما بعد الضرائب المقدر بالدولار الفعلي؟

(ب) احسب قيمة التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF بالدولار الحقيقي.

الحل

(آ) يبين (الجدول 4.8) (العمودان 1-7) تحليل ما بعد الضرائب الاقتصادي بالدولار الفعلي للتجهيزات الحديثة. ويُقدر الاستثمار في رأس المال، والاقتصاد في نفقات التشغيل، وقيمة السوق (في السنة العاشرة) بالدولار الفعلي (العمود 1) باستخدام معدل التضخم العام للأسعار والمعادلة (8-1). تُقدر قيم عقود الصيانة للسنوات الثلاث الأولى بالدولار الفعلي سلفاً (وهي لا تستجيب لتغيرات الأسعار الإضافية). يعادل الجمع الجبري للعمودين 1 و2 قيمة التدفق النقدي قبل الضرائب Before-tax cash flow (BTCF) بالدولار الفعلي (العمود 3).

نجد في الأعمدة 4 و5 و6 مقدار الاهتلاك وحسابات ضريبة الدخل. تعتمد حسومات الاهتلاك في العمود 4 على الطريقة (MACRS GDS)، وهي مقدرة بالطبع بالدولار الفعلي. تُحسب المدخلات في العمودين 5 و6 كما هو مناقش في الفصل 6. إن معدل ضريبة الدخل الفعلي (t) هو 38%، بحسب الفرض. تساوي مدخلات العمود 6 قيم العمود 5 مضروبة بالقيمة ($-t$). ويعطي الجمع الجبري للعمودين 3 و6 قيم التدفق قبل الضرائب ATCF مقدرة بالدولار الفعلي (العمود 7). وتُعطى القيمة الحالية بالدولار الفعلي للمقدار ATCF، باستخدام $i_c = 15\%$ سنوياً كما يلي:

$$\text{PW}(15\%) = -\$180{,}000 + \$36{,}050(P/F, 15\%, 1) + \ldots + \$40{,}156(P/F, 15\%, 10)$$
$$= \$33{,}790$$

ولذا، فإن هذا المشروع مبرر اقتصادياً.

(ب) بعدها تُستخدم المعادلة (1.8) لحساب القيم ATCF بالدولار الحقيقي من مدخلات العمود 7. تبين القيمُ ATCF بالدولار الحقيقي (العمود 9) النتائجَ الاقتصادية للتجهيزات الجديدة مقدّرة بالدولار ذي القوة الشرائية الثابتة لسنة الأساس. تُقدر القيم ATCF بالدولار الفعلي (العمود 7) ذي القوة الشرائية المماثلة للسنة التـــي جرى فيها تحقيق الاقتـــصاد أو دفع الكلفة. وتفيد معلومات المقارنـــة التـــي تقدمها القيم ATCF بالدولار الفعلي والحقيقي في تفسير

الجدول 4.8: المثال 8-5 عندما يكون معدل التضخم العام للأسعار 8% سنوياً.

نهاية السنة k	(1) التدفق النقدي (A$)	(2) العقد ($A)	(3) BTCF ($A)	(4) الاهتلاك ($A)	(5) الدخل الخاضع للضريبة	(6) ضريبة الدخل t = 0.38	(7) ATCF ($A)	(8) التسوية R$ $1/(1+f)^{k-b}$	(9) ATCF ($R)
0	-$180,000		-$180,000				-$180,000	1.000	-$180,000
1	38,880[a]	-$2,800	36,080	$36,000	$80	-$30	36,050	0.9259	33,379
2	41,990	-2,800	39,190	57,600	-18,410	+6,996	46,186	0.8573	39,595
3	45,349	-2.800	42,549	34,560	7,989	-3,036	39,513	0.7938	31,366
4	48,978		48,978	20,736	28,242	-10,732	38,246	0.7350	28,111
5	52,895		52,895	20,736	32,159	-12,220	40,675	0.6806	27,683
6	57,128		57,128	10,368	46,760	-17,769	39,359	0.6302	24,804
7	61,697		61,697		61,697	-23,.445	38,252	0.5835	22,320
8	66,632		66,632		66,632	-25,320	41,312	0.5403	22,320
9	71,964		71,964		71,964	-27,346	44,618	0.5003	22,320
10	77,720		77,720		77,720	-29,534	48,186	0.4632	22,320
10	64,767[b]		64,767		64,767	-24,611	40,156	0.4632	18,600

a $k = 1, ..., 10$ $\$36,000(1.08)^{k-0} = (\$A)_k$

b $\$64,767 = \$30,000(1.08)^{10} = MV_{10.\$A}$

نتائج التحليل الاقتصادي. وكما يوضح هذا المثال، نجد أن التحويل بين الدولار الفعلي والحقيقي سهل. تُعطى القيمة الحالية PW للمعدل ATCF المقدّر بالدولار الحقيقي (العمود 9) باستخدام: $i_r = (i_c - f)/(1+f) = (0.15 - 0.08)/1.08$ $= 0.06481 = 6.48\%$. ولذا،

$$PW(6.48\%) = -\$180,000 + \$33,379(P/F, 6.48\%, 1) + \ldots + \$18,600(P/F, 6.48\%, 10)$$
$$= \$33,790$$

تماثل القيمةُ الحالية PW (وهي القيمة المكافئة في سنة الأساس $b = 0$) للتدفقات قبل الضرائب ATCF، المقدرة بالدولار الحقيقي، القيمَ الحالية PW المحسوبة سابقاً للتدفقات النقدية ATCF بالدولار الفعلي.

1.5.2.8 طريقة أخرى لحساب المعدل الوسطي لتغير الأسعار: في المثال 8-5، من المتوقع أن يكون المعدل العام لتضخم الأسعار (f) هو 8% سنوياً خلال مدة التحليل البالغة 10 سنوات. وفي حال تغير المعدلات السنوية المقدرة خلال مدة التحليل، ستُطبق المعدلات المتغيرة تتابعياً على التكاليف والإيرادات للسنوات ذات الصلة. فعلى سبيل المثال، لنفترض تغير المعدلات السنوية للتضخم في المثال 8-5 كما هو مذكور في العمود 1 من (الجدول 5.8)، فعندئذٍ يُتوقع أن يتغير الاقتصاد في تكاليف التشغيل، وقيمة السوق، المقدرة أصلاً بدولار سنة الأساس في المثال، عند حسابه بالدولار الفعلي (العمود 3)، بتطبيق المعدلات السنوية تتابعياً، كما هو مبين في العمود 2 (يشير الرمز $\prod$ إلى الجداء).

الجدول 5.8: طريقة أخرى في حساب المعدل العام لتضخم الأسعار.

	(1)	(2)	(3)
نهاية السنة k	المعدل العام لتضخم الأسعار (f_k)	عوامل تغير السعر A$ $\left[\prod_{l=1}^{k}(1+f_l)\right]; b=0$	التدفقات النقدية المقدرة A$
0	–		−$180,000
1	4.0	1.04	37,440[a]
2	5.5	$1.0972 = (1.055)(1.04)$	39,499
3	5.5	$1.1576 = (1.055)^2(1.04)$	41,674
4	7.0	$1.2386 = (1.07)(1.055)^2(1.04)$	44,590
5	7.0	$1.3253 = (1.07)^2(1.055)^2(1.04)$	47,711
6	7.0	$1.4180 = (1.07)^3(1.055)^2(1.04)$	51,048
7	8.0	$1.5315 = (1.08)(1.07)^3(1.055)^2(1.04)$	55,134
8	8.0	$1.6540 = (1.08)^2(1.07)^3(1.055)^2(1.04)$	59,544
9	8.0	$1.7863 = (1.08)^3(1.07)^3(1.055)^2(1.04)$	64,307
10	8.0	$1.9292 = (1.08)^4(1.07)^3(1.055)^2(1.04)$	69,451
10	8.0	$1.9292 = (1.08)^4(1.07)^3(1.055)^2(1.04)$	57,876[b]

a $(\$A)_k = \$36,000$ [العمود (2)]

b $MV_{10} = \$30,000\ (1.9292) = \$57,876$

2.5.2.8 حساب المعدل الفعال للتضخم العام للأسعار: في (الجدول 5.8)، تغيرت المعدلات المتوقعة للتضخم العام للأسعار خلال مدة التحليل البالغة 10 سنوات. ولنفترض أن تلك المعدلات هي التقدير الأفضل لتغيرات الأسعار

المستقبلية في الشركة. ولكن، عند دراسة مشروع لاستثمار رأس المال، قد لا يُبرر التطبيق التتابعي للمعدلات السنوية المتغيرة في التحليل للحصول على نتائج أدق. وفي هذه الحالة، يمكن تبسيط التحليل باستخدام المعدل السنوي الفعال $(\overline{f})$ استخداماً مماثلاً للمعدل السنوي $f = 8\%$ المعتمد في الحل الأصلي للمثال 8-5. نفترض أن مدة التحليل 10 سنوات للمشروع الصغير. يُعطى عندئذٍ المعدل $(\overline{f})$ (اعتماداً على مدخلات العمود 1 في الجدول 5.8) كما يلي:

$$\overline{f} = \left[\prod_{k=1}^{N}(1+f_k)\right]^{1/N} - 1 = \left[\prod_{k=1}^{10}(1+f_k)\right]^{1/10} - 1$$

$$= [(1.04)^1(1.055)^2(1.07)^3(1.08)^4]^{0.1} - 1 = (1.9292)^{0.1} - 1 \quad (6.8)$$

$$= 0.067917 = 6.7917\%$$

إذا طُبقت هذه المقاربة على الحسابات الأصلية في (الجدول 5.8)، تصبح مدخلات العمود 3 مختلفة قليلاً في الأعوام من 1 إلى 9، ولكن يصبح الاقتصاد في تكاليف التشغيل في السنة العاشرة: $36,000(1,067917)^{10} = 69,451$، وهي القيمة ذاتها المحسوبة بالتطبيق التتابعي للمعدلات السنوية المتغيرة، المستخدمة أصلاً في الجدول.

3.8 التضخم أو الانكماش التفاضلي للأسعار

قد لا يكون المعدلُ العام لتضخم (أو انكماش) الأسعار (f)، المقابل لتدفق نقدي واحد (أو أكثر) للتكاليف أو الإيرادات، التقديرَ الأنسب لتغيرات الأسعار المستقبلية في دراسة الاقتصاد الهندسي. يسمى *الفرق بين المعدل العام لتضخم الأسعار* والتقدير الأفضل لتغيرات الأسعار المستقبلية لبعض السلع المحددة والخدمات *بتضخم الأسعار التفاضلي (أو انكماشها)*. وهو ينتج عن عدد من العوامل، مثل التقدم التقانـــي، وتغير الإنتاجية، والمتطلبات التنظيمية، ونحو ذلك. وقد يؤدي أيضاً تقييد العرض أو زيادة الطلب أو الاثنان معاً إلى تغير قيمة السوق لسلعة معينة أو خدمة محددة بالنسبة لغيرها. يمكن تمثيل تغيرات الأسعار الناتجة عن *التضخم العام للأسعار والتضخم التفاضلي للأسعار (أو انكماشها)* بمعدل التصعيد الإجمالي للأسعار escalation (أو معدل التنـــزيل de-escalation). تُعرّف هذه المعدلات على نحو أدق كما يلي:

1. معدل التضخم التفاضلي للأسعار (أو الانكماش) e'_j: وهو الزيادة المئوية في تغير الأسعار (في سعر الوحدة، أو كلفة مقدار ثابت) فوق المعدل العام لتضخم الأسعار أو تحته، خلال مدة معينة (وهي سنة عادة) للسلعة أو الخدمة j.
2. المعدل الإجمالي لتصعيد الأسعار (أو تنـــزيلها) (e_j): وهو المعدل الإجمالي المئوي لتغير الأسعار (لسعر الوحدة أو كلفة مقدار ثابت) خلال مدة معينة (وهي سنة عادة) للسلعة أو الخدمة j. يتضمن المعدل الإجمالي لتصعيد الأسعار لسلعة أو خدمة معينة تأثيرات المعدل العام لتضخم الأسعار (f) والمعدل التفاضلي لتضخم الأسعار e'_j على تغيرات الأسعار.

1.3.8 العلاقة بين e_j و e'_j و f

إن المعدل التفاضلي لتضخم الأسعار e'_j هو تغير الأسعار للسلعة أو الخدمة j مقدراً بالدولار الحقيقي، والناتج عن عوامل متنوعة في السوق. وبالمماثلة، يمثل المعدل الإجمالي لتصعيد الأسعار (e_j) تغير الأسعار بالدولار الفعلي. إن العلاقة بين هذين العاملين (e'_j , e_j) و f هي (لا يُعرض هنا استنتاج العلاقة):

$$1 + e_j = (1 + e'_j)(1 + f) \quad (7.8)$$

$$e_j = e'_j + f + e'_j(f) \quad (8.8)$$

$$e'_j = \frac{e_j - f}{1 + f} \quad (9.8)$$

ولذا، كما تبين المعادلة (8-8)، يُعدّ المعدل الإجمالي لتصعيد الأسعار (e_j) للسلعة أو الخدمة j، مقدراً بالدولار الفعلي، مجموع المعدل العام لتضخم الأسعار والمعدل التفاضلي لتضخم الأسعار، إضافة إلى حاصل جدائهما. ونجد من المعادلة (9.8) أن من الممكن حساب المعدل التفاضلي لتضخم الأسعار e'_j بالدولار الحقيقي من المعدل الإجمالي لتصعيد الأسعار والمعدل العام لتضخم الأسعار.

وفي التطبيق العملي، يُقدر عادة، خلال مدة الدراسة، المعدل العام لتضخم الأسعار (f) والمعدل الإجمالي لتصعيد الأسعار (e_j) لكل سلعة أو خدمة ذات صلة. وقد تُستخدم، لكل معدل منها، قيم مختلفة للمجموعات الفرعية من الحقب الزمنية ضمن مدة التحليل، إذا كانت المعطيات المتاحة تبرّر ذلك. يوضح (الجدول 5.8) ذلك للمعدل العام لتضخم الأسعار. لا تُقدّر عادة المعدلات التفاضلية لتضخم الأسعار e'_j، عند الحاجة إليها، تقديراً مباشراً، بل تُحسب باستخدام المعادلة (9.8).

المثال 8-6

تُقدر نفقات الصيانة المتوقعة لنظام تدفئة وتهوية وتكييف (HVAC) بقيمة 12,200 دولار سنوياً وفق قيمة الدولار في سنة الأساس (نفترض $b = 0$). يُقدّر المعدل الإجمالي لتصعيد الأسعار بقيمة 7.6% للسنوات الثلاث التالية ($e_{1,2,3}$ = 7.6%)، ويُقدر بقيمة 9.3% ($e_{4,5}$ = 9.3%) للسنتين الرابعة والخامسة. ويُقدّر المعدل العام لتضخم الأسعار (f) لمدة السنوات الخمس بقيمة 4.7% سنوياً. أعطِ تقديرات نفقات الصيانة للسنوات الخمس بالدولار الفعلي والحقيقي؛ باستخدام القيم e_j و e'_j على التوالي.

الجدول 6.8: حسابات المثال 8-6.

(1) نهاية السنة k	(2) التسوية (e_j) بالدولار الفعلي	(3) نفقات الصيانة A$	(4) التسوية (e'_j) بالدولار الحقيقي	(5) نفقات الصيانة R$
1	$12,200(1.076)^1$	$13,127	$12,200(1.0277)^1$	$ 12,538
2	$12,200(1.076)^2$	14,125	$12,200(1.0277)^2$	12,885
3	$12,200(1.076)^3$	15,198	$12,200(1.0277)^3$	13,242
4	$12,200(1.076)^3(1.093)^1$	16,612	$12,200(1.0277)^3(1.0439)^1$	13,823
5	$12,200(1.076)^3(1.093)^2$	18,157	$12,200(1.0277)^3(1.0439)^2$	14,430

الحل:

يبين العمود 2 من (الجدول 6.8) نفقات الصيانة السنوية بالدولار الفعلي. في هذا المثال، لا يُعدّ المعدل العام لتضخم الأسعار التقدير الأنسب للتغيرات في نفقات الصيانة المستقبلية. تُقسم المدة البالغة 5 سنوات إلى مجالين فرعيين، يقابل كل منهما قيمة مختلفة لمعدل تصعيد الأسعار ($e_{4,5}$ = 9.3%, $e_{1,2,3}$ = 7.6%). تُستخدم قيم المعدلات بعدئذٍ مع النفقات المقدرة في سنة الأساس، $(\$A)_0 = (\$R)_0 = \$12,200$.

يبين العمود 4 قيم نفقات الصيانة بالدولار الحقيقي. تماثل هذه القيم تلك المقدرة بالدولار الفعلي، ماعدا القيم e'_j

(المعادلة 9.8)، التـــي استُخدمت بدلاً من e_j، تعطى القيمة e'_j في هذا المثال كما يلي:

$$e'_{1,2,3} = \frac{0.076-0.047}{1.047} = 0.0277 = 2.77\%$$

$$e'_{4,5} = \frac{0.093-0.047}{1.047} = 0.0439 = 4.39\%$$

يوضح ذلك أن التضخم (أو الانكماش) التفاضلي يؤدي إلى تغير أســعار السوق المقدرة بالدولار الحقيقي وبالدولار الفعلي.

2.3.8 نمذجة تغيرات الأسعار بمتتاليات هندسية للتدفق النقدي

في الفصل 3، نوقشت حسابات التكافؤ، التـــي تتعلق بنماذج التدفق النقدي المتوقعة، والتـــي تزداد بمعدل $\bar{f}$% كل مدة. ويمكن، عند تضمين التصعيد الإجمالي للأسعار في تحليل الاقتصاد الهندسي، نمذجة الأسعار المتوقعة للسلع والخدمات، بحيث تزداد بمعدل ثابت كل مدة. ولذا، يكون نموذج التدفق النقدي في نهاية المدة "متتالية هندسية" في أغلب الأحيان.

في الفقرة 2.2.8، أُظهر اعتماد معدل الفائدة الصحيحة، الواجب استخدامه في تحليل الاقتصاد الهندسي، على التدفق النقدي للكلفة والإيرادات المقدرة بالدولار، وعلى وجه التحديد، يُستخدم معدل الفائدة المركب (i_c) في تحليل الدولار الفعلي، ومعدل الفائدة الحقيقية (i_r) في تحليل الدولار الحقيقي. وثمة سؤال إضافي: "ما قيمة $\bar{f}$ المستخدمة لكل طريقة تحليل عند تضمين تصعيد الكلفة، وعندما يكون من المناسب استخدام المتتاليات الهندسية لنمذجة التدفق النقدي؟" في الجدول التالي، نرى أن $\bar{f}$ تساوي e_j في تحليل الدولار الفعلي، وتساوي e'_j في تحليل الدولار الحقيقي:

الطريقة	التدفق النقدي	معدل الفائدة (i)	التدرج الهندسي $\bar{f}$
A	الدولار الفعلي (A$)	i_c	e_j
B	الدولار الحقيقي (R$)	i_r	e'_j

ينتج من ذلك أن "المعدل المناسب" (الفصل الثالث) اللازم لتقدير متتالية هندسية للتدفق النقدي، والذي يتضمن تصعيد الأسعار، يعطى كما يلي:

تحليل بالدولار الحقيقي R$ — تحليل بالدولار الفعلي A$

$$i_{CR} = \frac{i_r - e'_j}{1+e'_j} \qquad i_{CR} = \frac{i_c - e_j}{1+e_j} \qquad (10.8)$$

المثال 8-7

تدرس مؤسسة عامة لخدمة المياه شراء بعض تجهيزات الضخ لتقليص نفقات التشغيل وتحسين موثوقية الخدمة. إن مدة الأساس هي الوقت الراهن، أي السنة 0 ($b = 0$). يبلغ الاقتصاد السنوي التقديري، مقدراً بدولار السنة 0، القيمة 78000 دولار. تستخدم المؤسسة دراسة تمتد على 8 أعوام لهذا النوع من دراسة الاستبدال والتجديد. يُتوقع أن يكون المعدل العام لتضخم الأسعار 4.6% سنوياً، وأن يكون المعدل الإجمالي لتصعيد الأسعار (e_j) لنفقات التشغيل 6.2% سنوياً. وتستخدم المؤسسة قيمة معدل العائد المقبول الأدنى MARR قدرها 9.5% سنوياً (تتضمن تأثير التضخم العام للأسعار)، وليس للتجهيزات القديمة قيمة سوقية صافية، ولا تُدخل على ضرائب الدخل. احسب، بالاعتماد على هذه التقديرات، المقدار

الأعظمي الممكن دفعه للتجهيزات الآن: (أ) باستخدام تحليل بالدولار الفعلي (ب) باستخدام تحليل بالدولار الحقيقي.

الحل:

(أ) نجد باستخدام التحليل بالدولار الفعلي:

$$i_c = \text{MARR (المعطي)} = 9.5\% \text{ ، } \overline{f} = e_j = 6.2\%; N = 8$$

$$i_{CR} = \frac{i_c - e_j}{1 + e_j} = \frac{0.095 - 0.062}{1.062} = 0.03107 = 3.11\%$$

من المعطيات السابقة، يشكّل الاقتصاد السنوي: $\$78,000(1.062)^k$ حيث $1 \le k \le 8$، متتالية هندسية للتدفق النقدي. باستخدام المعادلة (27.3)، يمكن كتابة ما يلي:

$$\text{PW}(3.11\%) = \$78,000\,(\text{P/A}, 3.11\%, 8)$$

$$= \$78,000\left[\frac{(1.0311)^8 - 1}{0.0311(1.0311)^8}\right] = \$545,000$$

وهو المقدار الأعظم الواجب دفعه للتجهيزات.

(ب) يعطي التحليل بالدولار الحقيقي ما يلي:

$$i_r = \text{MARR (الحقيقي)} = \frac{i_c - f}{1 + f} = \frac{0.095 - 0.046}{1.046} = 0.04685$$

$$\overline{f} = e'_j = \frac{e_j - f}{1 + f} = \frac{0.062 - 0.046}{1.046} = 0.01530$$

$$i_{CR} = \frac{i_r - e'_j}{1 + e'_j} = \frac{0.04685 - 0.0153}{1.0153} = 0.03107 = 3.11\%$$

نجد، في هذه المرحلة من التحليل بالدولار الحقيقي، أن للمعدل المناسب القيمة ذاتها المحسوبة لتحليل الدولار الفعلي، وأن القيمة الحالية PW للاقتصاد ستكون مماثلة. وينبغي أن يكون لذلك معنـــى حدسياً، لأننا نعرف أن القيمة المكافئة لتدفق نقدي ما هي ذاتها في مدة الأســـاس باســـتخدام تحليل الدولار الفعلي أو الحقيقي. ولـــذا، فإن القيمة الحالية PW للاقتصاد السنوي للمضخة الجديدة سيكون مساوياً 545,000 دولار عند استخدام الطريقة A أو B، إذ إن مدة الأساس هـــي اللحظة الراهنة ($b = 0$).

المثال 8-8

تدرس شركة معالجة كيميائية مشروع تحكم في تلوث الهواء. ويُقدر الاستثمار في رأس المال الابتدائي اللازم للمشروع بقيمة 1,240,000 دولار (يُخصص 1,100,000 دولار للأصول الخاضعة للاهتلاك و140,000دولار لرأس المال العامل الإضافي). تُقسم النفقات السنوية إلى نوعين: نفقات العمل، ونفقات التشغيل والصيانة (O & M). بلغت، في السنة الأولى، نفقات العمل السنوي 42,000 دولار (ويُتوقع أن تزداد 2,000 دولار سنوياً بعد ذلك العام)، وبلغت نفقات التشغيل والصيانة الأخرى 68,000 دولار (ويُتوقع أن تنقص بنسبة 3.2% سنوياً بعد ذلك العام، أي يُتوقع حدوث تنـــزيل لتلك النفقات). لنفرض أن مدة التحليل هي 10 سنوات، وأن معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR بعد

الضرائب هو 12% سنوياً، وأن مدة الأساس هي الوقت الراهن ($b = 0$)، وأن معدل ضريبة الدخل الفعال للشركة (t) هو 40%، ويُقدر المعدل العام للتضخم (f) بقيمة 2.6% سنوياً، ويُستخدم للسهولة نموذج اهتلاك خطي خلال السنوات العشر (مدة التحليل)، مع قيمة استرداد salvage معدومة في نهاية السنة العاشرة ($SV_{10} = 0$). وبالاعتماد على هذه المعلومات وعلى تحليل ما بعد الضرائب: (أ) ما هي القيمة المكافئة المستقبلية لتكاليف المشروع في نهاية السنوات العشر مقدرة بالدولار الفعلي والحقيقي. (ب) إذا كان لبعض المنتجات الجانبية المنتجة بعملية التحكم في تلوث الهواء، قيمة تجارية، ما هي القيمة المكافئة السنوية للإيرادات اللازمة لتغطية تكاليف المشروع، مقدرة بالدولار الفعلي والحقيقي.

الحل:

(أ) الخطوة 1: نُحدد القيمة الحالية PW للتدفق النقدي للمشروع بعد الضرائب ATCF، باستخدام تحليل الدولار الفعلي. نكتب إذن:

$$\begin{aligned}PW(12\%)_{ATCF} &= -\$1,240.000 + \$140,000(P/F,12\%,10)\\ &-(1-0.4)[\$42,000(P/A,12\%,10)+\$2,000(P/G,12\%,10)]\\ &-(1-0.4)\left[\frac{\$68,000}{1+(-0.032)}(P/A,15.7\%,10)\right]\\ &+0.4\left[\frac{\$1,100,00-0}{10}(P/A,12\%,10)\right]\\ &=-\$1,319,012\end{aligned}$$

حيث يُفترض استرجاع المبلغ 140,000 دولار المخصص للاستثمار الابتدائي في رأس المال العامل في نهاية مدة التحليل، ويكون المعدل المناسب (المعادلة 10.8) لحساب ما بعد الضرائب، والمتعلق بنفقات التشغيل والصيانة السنوية، هو: $i_{CR} = [0.12\text{-}(-0.032)]/[1 + (-0.032)] = 0.157(\%15.7)$ ويُطرح مقدار الاهتلاك الخطي من تكاليف المشروع بعد الضرائب.

الخطوة 2: نحوّل القيمة الحالية PW للتدفق النقدي بعد الضرائب ATCF إلى القيمة المكافئة FW في نهاية مدة التحليل، وتُقدّر بواحدتـــي الدولار(A$ وR$). (نلاحظ أن القيمة الحالية PW، في هذا المثال، هي القيمة المكافئة للتدفق النقدي بعد الضرائب ATCF في سنة الأساس). ونكتب بواحدة الدولار الفعلي:

$$FW(12\%)_{ATCF} = -\$1,319,012(F/P,\ 12\%,\ 10) = -\$4,096,051$$

ولكن عند إجراء الحساب بالدولار الحقيقي، نحتاج إلى معدل الفائدة الحقيقية بعد الضرائب لحساب القيمة FW: $i_r = (0.12 - 0.026)/1.026 = 0.091618 = 9.1618\%$. وهكذا:

$$FW(9.1618\%)_{ATCF} = -\$1,319,012(F/P,\ 9.1618\%,\ 10) = -\$3,169,244$$

ومن الحسابات FW، نرى (في حالة $f = 2.6\%$ سنوياً) أنه يلزم للحصول على القوة الشرائية للمبلغ 3,169,244 بالدولار الحقيقي، والذي يملك قوة شراء ثابتة مماثلة للدولار الحالي (سنة الأساس)، مبلغ قدره 4,096,051 بالدولار الفعلي في نهاية العام العاشر.

(ب) اعتماداً على حساب القيمة الحالية PW في السؤال (آ)، تكون الإيرادات السنوية المكافئة اللازمة للتعويض بالدولار الفعلي كما يلي:

$$AW(12\%)_{ATCF} = \$1,319,012(A/P,\ 12\%,\ 10) = \$233,465$$

ونكتب العلاقة التالية بالدولار الحقيقي:

$$AW(9.1618\%)_{ATCF} = \$1.319.012(A / P, 9.1618\%, 10) = \$206,953$$

في المثال 8-9، ننظر إلى سند مالي (الفصل 4)، الذي هو أصل ذي دخل ثابت، ونظهر كيف تتأثر قيمته الحالية بمدة الانكماش المتوقعة.

المثال 8-9

لنفترض حدوث انكماش في الاقتصاد الأمريكي، ويُتوقع تقلص مؤشر سعر المستهلك CPI (ويؤخذ مقياساً للمعدل f) بمعدل 2% سنوياً خلال السنوات الخمس المقبلة. يُطبق على سند مالي ذي قيمة اسمية قدرها 10,000 دولار، ومدته 5 سنوات (أي إنه سيعاد تخمينه بعد 5 سنوات)، معدل فائدة (على السند) بمقدار 5% سنوياً. تُدفع الفائدة إلى مالك السند مرة سنوياً. إذا توقع المستثمر معدل عائد حقيقياً قيمته 4% سنوياً، فما هو المبلغ الأعظمي الواجب دفعه الآن لهذا السند؟

الحل:

إن التدفقات النقدية الجارية سنوياً للفائدة خلال مدة السند، أي من العام 1 إلى 5، والمقدرة بالدولار الفعلي هي: 500= (10,000) 0.05، إضافة إلى مبلغ استرداد السند البالغ 10,000 دولار فعلي (وهي القيمة المقابلة للسند) في نهاية العام الخامس. ولتحديد القيمة الراهنة لهذا السند (أي المبلغ الأعظمي الواجب على المستثمر دفعه)، ينبغي حسم هذه التدفقات النقدية حتـــى الوقت الراهن، باستخدام معدل الفائدة المركب (السوقي). نستطيع من المعادلة (4.8)حساب الفائدة i_c (حيث f = 2% سنوياً) كما يلي:

$$i_c = i_r + f + i_r(f) = 0.04 - 0.02 - 0.04\,(0.02)$$
$$= 0.0192 = 1.92\%$$

ولذا، تكون القيمة السوقية الراهنة للسند :

$$PW = \$500(P/A, 1.92\%, 5) + \$10,000\,(P/F, 1.92\%, 5)$$
$$= \$500(4.7244) + \$10,000(0.9093)$$
$$= \$11,455$$

وكمعلومات إضافية، إذا قمنا خطأً بحسم التدفقات النقدية المستقبلية خلال حياة السند، ذي المعدل البالغ 5% سنوياً، تصبح القيمة الراهنة 10,000 دولار، وهي القيمة الاسمية للسند. وفي الحالة العامة، إذا كان المعدل المستخدم لحسم التدفقات النقدية المستقبلية خلال حياة السند أقل من معدل السند (وهي حالة المثال) تصبح القيمة (السوقية) الراهنة أعلى من القيمة الاسمية للسند. ولهذا، يحتاج مالـــكو السندات، خلال حقب التضخم أو الانكماش، إلى مراقبة قيم السوق عن كثب، بسبب احتمال حدوث "حالة بيع" مناسبة.

4.8 استراتيجية التطبيق

ما هو نوع التحليل الواجب استخدامه في الممارسة العملية، أتحليل بالدولار الفعلي أم الحقيقي، ومتـــى ينبغي تضمين تغيرات الأسعار في دراسة الاقتصاد الهندسي؟ يُستخدم عملياً الحكم المعتمد على تقديرات تغير الأسعار المتوقع، وتحليل الحساسية. ولكن، قد تُستعمل طريقة تحليل بالدولار الفعلي أو الحقيقي. وتؤدي الطريقتان، عند تطبيقهما تطبيقاً

صحيحاً، إلى القيمة المكافئة ذاتها للتدفق النقدي في مدة الأساس، وهما تتطلبان القدر ذاته من المعلومات، ولا تختلفان عملياً في الجهد المبذول للتطبيق.

ولكن ثمة اختلاف آخر في المعلومات المتاحة لتفسير النتائج الاقتصادية. إذ يُعبّر عن نتائج تحليل بالدولار الفعلي بقوة السوق الشرائية التي تتغير مع الزمن، في حين يُعبّر عن نتائج تحليل بالدولار الحقيقي بقوة السوق الشرائية الثابتة المعرّفة في مدة الأساس (b). *ولذا، يقدم التحليل بالدولار الحقيقي المعلومات بدلالة واحدة قياس للقوة الشرائية الثابتة، في حين يقدم التحليل بالدولار الفعلي معلومات عن المبالغ المالية التي تحدث خلال مدة الدراسة.*

يستند التحليل، أو استراتيجية التطبيق الممكن اعتمادها في الممارسات الهندسية، إلى تحليل بالدولار الفعلي للدراسة قبل الضرائب وبعدها. ثم، في نهاية التحليل، تُستخدم المعادلة (1.8) أو (2.8) للتعبير عن التدفقات النقدية المنتقاة بالدولار الحقيقي (ولا سيما، التدفقات النقدية الصافية قبل الضرائب أو بعدها). تقدم هذه الاستراتيجية، وبجهد قليل، معلومات إضافية مفيدة. وفي بعض المنظمات، قد تحدد طريقة معينة للتحليل. ومع ذلك، يمكن تحويل التدفقات النقدية المنتقلة بسهولة إلى مجال الدولار الآخر بغية المساعدة في تفسير النتائج.

5.8 مثال شامل

في العديد من دراسات الاقتصاد الهندسي للمشروعات المنفذة في الصناعة، يجب الأخذ في الحسبان تغيرات الأسعار، إضافة إلى المؤن الخاضعة لضريبة الدخل. ولإيضاح هذه الحالة، يُعرض هنا تحليل شامل نسبياً لمشروع هندسي.

المثال 8-10

تدرس شركة ما فرصة استثمار تتطلب شراء تجهيزات تحكم في الإنتاج بقيمة 20,000 دولار بغية زيادة إنتاجية خط التجميع فيها. ونتيجة لذلك، يُتوقع ازدياد المردود الناتج عن خط التجميع المعدَّل. يُطبق على فرصة الاستثمار المعلومات التالية:

مدة التحليل	10 سنوات
مدة زمن الأساس	الوقت الحالي (b = 0)
العمر المجدي المقدَّر للتجهيزات	10 سنوات
صنف الممتلكات MACRS (GDS)	5 سنوات
المعدل الفعال لضريبة الدخل (t)	%39
المعدل الحقيقي بعد الضرائب MARR(i_r)	%6
المعدل العام لتضخيم الأسعار (f)	%8 سنوياً
المعدل المركب بعد الضرائب MARR(i_c)	%14.48 = %100 × [(0.08) 0.06 + 0.08 + 0.06]
زيادة الإيراد (نفترض ازدياد الدخل وفق المعدل العام لتضخم الأسعار البالغ %8 سنوياً)	15000 سنوياً وفق دولار العام 0
القيمة السوقية في السنة العاشرة	%10 من استثمار رأس المال (e_{MV} = 8%)

ويُحتاج أيضاً إلى تجهيزات مستأجرة، يمكن الحصول عليها خلال السنوات الخمس الأولى بمعدل 800 دولار سنوياً. يُعاد التفاوض على العقد في بداية السنة السادسة بقيمة مصعّدة تعتمد على المعدل العام لتضخم الأسعار.

النفقات السنوية		
نقص ترجمة	التقديرات (بدولار العام 0)	معدل تصعيد الأسعار سنوياً (e_j)
المواد	$1,200	%10
اليد العاملة	2,500	%5.5
الطاقة	2,500	%15
نفقات أخرى	500	%8

يُطلب إجراء تحليل بعد الضرائب للمشروع باستخدام طريقة القيمة الحالية PW، ويتضمن تأثير تصعيد السعر الإجمالي: (آ) يُطلب إجراء تحليل بالدولار الفعلي (وحساب القيمة الحالية PW للتدفق النقدي بعد الضرائب ATCF). (ب) حوّل التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF المحسوب بالدولار الفعلي إلى الدولار الحقيقي. (ج) احسب القيمة الحالية للتدفق ATCF بالدولار الحقيقي، وبيّن أنه مطابق للقيمة الحالية PW للتدفق النقدي ATCF المحسوب بالدولار الفعلي.

الحل:

(آ) تحليل بالدولار الفعلي: يُطلب إجراء الحسابات التمهيدية التالية:

1. **الإيرادات**: ينبغي ازدياد الإيراد السنوي المقدر بقيمة 15,000 دولار، وفق دولار السنة 0، بحسب المعدل العام لتضخم الأسعار.

$$(\text{الايراد})_k = 15000(1.08)^k$$

2. **المواد واليد العاملة والطاقة والنفقات السنوية الأخرى**: تزداد هذه النفقات السنوية المقدرة بدولار العام 0 سنوياً وفق المعدل الكلي لتصعيد الأسعار المناسب (e_j).

$$(\text{المواد})_k = 1200(1.1)^k$$

$$(\text{اليد العاملة})_k = 2500(1.055)^k$$

$$(\text{الطاقة})_k = 2500(1.15)^k$$

$$(\text{النفقات الأخرى})_k = 500(1.08)^k$$

3. **الممتلكات المؤجرة**: يمكن تسوية الآجار في نهاية العام الخامس ليأخذ في الحسبان التضخم العام للأسعار خلال 5 سنوات، بمعدل سنوي قدره %8.

من ست إلى عشر سنوات $\$800(1.08)^5 = \$1,175$

4. **الاهتلاك**: إن مبالغ الاهتلاك المحسوبة وفق الطريقة MACRS (GDS) هي:

نهاية السنة k	أساس الكلفة	معدلات الاسترداد MACRS(GDS)	قيمة الاهتلاك MACRS(GDS) بالدولار A$
1	$20,000	0.2000	$4,000
2	20,000	0.3200	6,400
3	20,000	0.1920	3,840
4	20,000	0.1152	2,304
5	20,000	0.1152	2,304
6	20,000	0.0576	1,152

5. **قيمة السوق:** إن قيمة السوق البالغة 10%، والمعتمدة على استثمار رأس المال، هي مبلغ محسوب بدولار العام 0، وينبغي زيادته للأخذ في الحسبان لمعدل تصعيد الأسعار الكلي السنوي، والبالغ 8% ($e_{MV} = f$).

$$MV_{10} = 0.1(\$20,000)(1.08)^{10} = \$4,318$$

6. **الربح من الخلاص disposal:** تمثل قيمة السوق المقدرة بالدولار الفعلي والبالغة 4,318$، ربحاً من الخلاص (الفصل 6)، وتخضع إلى الضريبة كأي دخل آخر، بمعدل 39%.

يبين (الجدول 7.8) تحليل الدولار الفعلي بعد الضرائب. وتبلغ القيمة الحالية للتدفق النقدي بعد الضرائب ATCF بالدولار الفعلي، وباستخدام i_c =14.48%، 16,780 دولار.

(ب) التدفق النقدي ATCF بالدولار الحقيقي: يبين العمودان الأخيران من (الجدول 7.8) التحويل من الدولار الفعلي إلى الحقيقي. وتُستخدم المعادلة 1.8، مع $b = 0$، لإجراء التحويل.

الجدول 7.8: تحليل التدفق النقدي بالدولار الفعلي (مع تحويل التدفق ATCF إلى الدولار الحقيقي) للمثال 8-10.

نهاية السنة k	استثمار رأس المال	الإيراد	المواد	اليد العاملة	الطاقة	النفقات الأخرى	المعدّات المستأجرة
		تحليل بعد الضرائب بالدولار الفعلي					
0	-$20.000						
1		$16,200	- $1,320	-2,638	-$2,875	-$540	-$800
2		17,496	-1,452	-2,783	-3,306	-583	-800
3		18,896	-1,597	-2,936	-3,802	-630	-800
4		20,407	-1,757	-3,097	-4,373	-680	-800
5		22,040	-1,933	-3,267	-5,028	-735	-800
6		23,803	-2,126	-3,447	-5,783	-793	-1,175
7		25,707	-2,338	-3,637	-6,650	-857	-1,175
8		27,764	-2,572	-3,837	-7,648	-925	-1,175
9		29,985	-2,830	-4,048	-8,795	-1,000	-1,175
10		32,384	-3,112	-4,270	-10,114	-1,079	-1,175
10		4,318[a]					

[a] قيمة السوق MV المقدرة.

تُطبق طريقة الحل الاستراتيجية، المنصوح بها في الفقرة 4.8 والتـــي تستخدم تحليلاً بالدولار الفعلي، ثم تُحوّل التدفقات النقدية المنتقاة إلى دولار حقيقي. وتشير مراجعة التدفق ATCF بالدولار الفعلي في هذه الحالة إلى تدفق نقدي إيجابـــي مكافئ له سنوياً، خلال مدة التحليل، قدره 7,184 دولار من أصل المبلغ 20,000 المستثمَر في التجهيزات الحديثة. ولكن يبين التدفق النقدي ATCF بالدولار الحقيقي، بدلالة الدولار ذي القوة الشرائية الثابتة ($b = 0$)، انخفاض التدفق النقدي الإيجابـــي الصافي من الاستثمار (ما عدا العام 2) من 5,979 دولار في العام 1 إلى 3,570 في العام 10.

الجدول 7.8: (تابع) تحليل التدفق النقدي بالدولار الفعلي (مع تحويل التدفق ATCF إلى الدولار الحقيقي) للمثال 8-10

	تحليل بعد الضرائب بالدولار الفعلي					التدفق النقدي بالدولار الحقيقي	
نهاية السنة k	التدفق BTCF	الاهتلاك	الدخل الخاضع للضريبة	ضريبة الدخل	(ATCF)A$	عامل التسوية R$ $(1/1.08)^{k-0}$	(R$) ATCF
0	-$20,000				-$20,000	1.0	-$20,000
1	8,028	$4,000	$4,028	$1,571	6,457	0.92593	5,979
2	8,572	6,400	2,172	847	7,725	0.85734	6,623
	9,131	3,840	5,291	2,063	7,068	0.79383	5,611
4	9,700	2,304	7,396	2,884	6,816	0.73503	5,010
5	10,277	2,304	7,973	3,109	7,168	0.68058	4,878
6	10,479	1,152	9,327	3,638	6,841	0.63017	4,311
7	11,050		11,050	4,310	6,740	0.58349	3,933
8	11,607		11,607	4,527	7,080	0.54027	3,825
9	12,137		12,137	4,733	7,404	0.50025	3,704
10	12,634		12,634	4,927	7,707	0.46319	3,570
10	4,318		4,318[b]	1,684	2,634	0.46319	1,220
					$16,780 - PW ($i_c$ = %14.48)		$16,780 - PW ($i_r$ = %6)

[b] استرجاع الاهتلاك (الربح من الخلاص)- ويجب عليه ضريبة كالدخل العادي.

(ج) إن القيمة الحالية للتدفق النقدي ATCF بالدولار الحقيقي، باستخدام i_r = 6%، هي 16,780 دولار. وهي قيمة مماثلة للقيمة الحالية للتدفق النقدي ATCF المقدّر بالدولار الفعلي، والمحسوب في (آ) باستخدام i_c = 14.48%.

6.8 معدلات الصرف الأجنبية ومفاهيم القوة الشرائية

عندما تقوم الشركات المحلية بإجراء استثمارات خارجية، تحدث تدفقات نقدية نتيجة لذلك مع الزمن بعملة تختلف عن الدولار الأمريكي. وتتميز الاستثمارات الأجنبية عادة بعمليتـــي تحويل (أو أكثر) للعملات: (1) عند إجراء الاستثمار الابتدائي. (2) عندما تعود التدفقات النقدية إلى مقر الشركات في الولايات المتحدة. تتقلب معدلات الصرف بين العملات، تقلبات هائلة في بعض الأحيان مع الزمن، بحيث يُطرح السؤال النموذجي التالي: "ما هو العائد (الربح) الناتج عن استثمارنا في منشأة الألياف التركيبية في ذلك البلد؟". ويفهم المهندس المصمِّم لمنشأة أخرى في ذلك البلد السؤال على النحو الآتـــي: "ما هي القيمة الحالية PW (أو المعدل IRR) التـــي تحصل عليها الشركة من بناء المنشأة الجديدة وتشغيلها في ذلك البلد؟"

لاحظ أن تغيرات معدل الصرف بين عملتين معينتين، مع الزمن، تماثل تغيرات المعدل العام لتضخم الأسعار لأن القوة الشرائية النسبية بين هاتين العملتين تتغير تغيراً مماثلاً للقوة الشرائية النسبية بين الدولار الفعلي والحقيقي.

نفترض هنا ما يلي:

i_{us} = معدل العائد بدلالة المعدّل المركب للفائدة (السوقي) نسبة إلى الدولار الأمريكي.

i_{fc} = معدل العائد بدلالة المعدل المركب للفائدة (السوقي) نسبة إلى عملة الدولة الأجنبية.

f_e = معدل تخفيض devaluation العملة السنوي (معدل التغير السنوي لمعدل الصرف) بين عملة الدولة الأجنبية والدولار الأمريكي. وفي العلاقات التالية، تُستخدم قيمة موجبة للمقدار f_e عندما تُخفض العملة الأجنبية مقابل الدولار، ويكون سالباً عندما تُخفض قيمة الدولار مقابل العملة الأجنبية.

تُكتب العلاقة كما يلي (ولا يُبين هنا استنتاج العلاقة):

$$1 + i_{us} = \frac{1 + i_{fc}}{1 + f_e}$$

أو

$$i_{fc} = i_{us} + f_e + f_e(i_{us}) \tag{11.8}$$

و

$$i_{us} = \frac{i_{fc} - f_e}{1 + f_e} \tag{12.8}$$

المثال 8-11

تدرس الشركة الإلكترونية CMOS استثمار رأس مال قدره 50,000,000 بيزو Pesos في منشأة تجميع تُقام في دولة أجنبية. ويُعبّر عن العملة بالبيزو، ومعدل الصرف حالياً هو 100 بيزو للدولار الأمريكي الواحد.

اتبعت الدولة سياسة تخفيض لعملتها مقابل الدولار بقيمة 10% سنوياً، لدعم أعمال التصدير إلى الولايات المتحدة. ويعني ذلك ازدياد عدد "البيزوات" المتبادلة مقابل الدولار بنسبة 10% (f_e=10%)، ولذا خلال عامين، يُبادل الدولار الواحد بقيمة $(1.10)^2$ (100) = 121. إن اليد العاملة في تلك الدولة زهيدة تماماً، ولذا تشعر إدارة الشركة CMOS أن المنشأة الجديدة ستولد تدفقات نقدية مغرية ATCF مقدّرة بالبيزو، كما يلي:

نهاية السنة	0	1	2	3	4	5
التدفق النقدي ATCF (ملايين البيزو)	-50	+20	+20	+20	+30	+30

إذا احتاجت الشركة CMOS إلى معدل عائد داخلي IRR قدره 15% سنوياً للاستثمارات الأجنبية، بعد إضافة الضرائب وتقديرها بالدولار الأمريكي (i_{us})، هل سيُوافق على بناء تلك المنشأة؟ نفترض خلو تلك الدولة من المخاطر اللاتقليدية لتأميم الاستثمارات الأجنبية.

الحل:

لجني 15% كمعدل عائد سنوي بالدولار الأمريكي، ينبغي أن تكسب المنشأة الأجنبية، اعتماداً على المعادلة (11.8)، المبلغ: 0.265 = (0.10)0.15 + 0.10 + 0.15 أي 26.5% من الاستثمار بالبيزو (i_{fc}). وكما هو مبين لاحقاً، إن القيمة الحالية PW للتدفق النقدي بعد الضرائب ATCF (عند المعدل 26.5%)، مقدرة بالبيزو، هي 9,165,236، والمعدل المقابل لها هو 34.6%. ولذا يبدو الاستثمار في المنشأة مبرراً اقتصادياً. يمكننا أيضاً تحويل البيزو إلى دولار، عند تقدير الاستثمار المأمول prospective:

نهاية السنة	التدفق ATCF (بالبيزو)	معدل الصرف (بيزو لكل 1 دولار)	التدفق ATCF (بالدولار)
0	-50,000,000	100	-500,000
1	20,000,000	110	181,818
2	20,000,000	121	165,289
3	20,000,000	133.1	150,263
4	30,000,000	146.4	204,918
5	30,000,000	161.1	186,220
المعدل IRR	%34.6	المعدل IRR	%22.4
القيمة الحالية (%26.5)	9,165,236	القيمة الحالية (%15)	$91,632

إن القيمة الحالية PW للتدفق النقدي ATCF (عند المعدل 15%)، مقدرة بالدولار، هي 91,632 دولار، عند معدل عائد داخلي IRR قدره 22.4%، ولذا تبدو المنشأة ثانيةً استثماراً جيداً من الناحية الاقتصادية. ونلاحظ أن بالإمكان ربط المعدلين IRR بالمعادلة (12.8) كما يلي:

$$i_{us}(\text{IRR in }\$) = \frac{i_{fe}(\text{IRR in pesos}) - 0.10}{1.10}$$
$$= \frac{0.346 - 0.10}{1.10}$$
$$= 0.224 = 22.4\%$$

لنذكر أن تخفيض العملة الأجنبية مقابل الدولار الأمريكي يؤدي إلى صادرات أرخص في الولايات المتحدة. ولذا، فإن التخفيض يعنـــي أن الدولار الأمريكي أقوى مقارنةً بالعملة الأجنبية. ويُحتاج إذن إلى عدد أقل من الدولارات لتمثيل مقدار ثابت من السلع والخدمات من المصدر الأجنبـــي (البراميل، الأطنان Tons، البنود). وبكلمات أخرى، يُحتاج إلى عدد أكبر من العملات الأجنبية لشراء السلع الأمريكية. وتُلاحظ هذه الظاهرة في المثال 8-11.

وبالمقابل، عندما ترتفع معدلات صرف العملات الأجنبية أمام الدولار الأمريكي (أي عندما يكون للمقدار f_e قيمة سالبة، ويكون الدولار الأمريكي أضعف مقارنة بالعملة الأجنبية)، ترتفع أسعار السلع والخدمات المستوردة في الولايات المتحدة. وفي هذه الحالة، تصبح المنتجات الأمريكية أرخص في الأسواق الأجنبية. وعلى سبيل المثال، في العام 1986، كان الدولار الأمريكي يقابل تقريباً 250 يناً يابانياً. ولكن في 1999، ضَعُف الدولار الأمريكي، وأصبحت قيمته حوالي 110 يناً يابانياً. ومن ثمَّ، تضاعفت الأسعار الأمريكية للسلع والخدمات اليابانية نظرياً (ولكنها ازدادت عملياً في الولايات المتحدة بنسبة أقل). ويُفسر هذا الشذوذ برغبة الشركات اليابانية في تقليص هوامش الربح حفاظاً على حصتها في السوق الأمريكية.

وصفوة القول، إذا كان معدل تخفيض العملة A الوسطي هو f_e% سنوياً، بالنسبة إلى العملة B، فسيلزم كل عام نسبة f_e% إضافية من العملة A للتبادل مع المبلغ ذاته من العملة B.

المثال 8-12

لنفترض أن معدل الصرف الحالي لوحدة نقدية (أي العملة) من دولة معينة A هو 10.7 وحدة أمام الدولار الأمريكي.

(آ) إذا كان مقدار التخفيض الوسطي للعملة A في السوق العالمية هو 4.2% سنوياً (في السنوات الخمس المقبلة)، مقارنة بالدولار الأمريكي، فما هو معدل الصرف بعد ثلاث سنوات من الآن؟ (ب) إذا كان معدل التخفيض للدولار الأمريكي (في السنوات الخمس المقبلة) هو 3% سنوياً مقابل العملة A، فما هو معدل الصرف بعد ثلاث سنوات من الآن؟

الحل:

(أ) $10.7(1.042)^3 = 12.106 \text{ unit of A}$

(ب) $10.7 \text{ units of A} = 1(1.03)^3\$$

$$1 \text{ U.S.dollar} = \frac{10.7}{1.09273} = 9.792 \text{ units of A}$$

المثال 13-8

تحلل شركة أمريكية مشروع استثمار محتمل في دولة أخرى. إن معدل الصرف الحالي هو 425 وحدة مـــن العملة A، للدولار الأمريكي الواحد. وتشير أفضل التقديرات إلى تخفيض العملة A في السوق الدولية بمعدل 2% سنوياً مقابل الدولار الأمريكي خلال السنوات المقبلة. ويُقدّر التدفق النقدي الصافي قبل الضرائب (بدلالة العملة A) للمشروع كما يلي:

نهاية السنة	التدفق النقدي الصافي (بالعملة A)
0	-850,000,000
1	270,000,000
2	270,000,000
3	270,000,000
4	270,000,000
5	270,000,000
6	270,000,000
6(MV)[a]	120,000,000

[a] قيمة السوق المقدّرة في نهاية العام 6

(آ) إذا كان معدل العائد الأدنـــى MARR للشركة الأمريكية (قبل الضرائب وبالاعتماد على الدولار الأمريكي) هو 20% سنوياً، هل يمكن تبرير المشروع اقتصادياً؟ (ب) إذا كان من المتوقع تخفيض الدولار في السوق الدولية بمعدل 2% سنوياً خلال السنوات المقبلة، فما هو معدل العائد بالاعتماد على الدولار الأمريكي، وهل المشروع مبرر اقتصادياً؟

الحل:

(آ)

$$PW(i'\%) = 0 = -850{,}000{,}000 + 270{,}000{,}00\ (P/A, i'\%, 6) + 120{,}000{,}000\ (P/F, i', 6)$$

يمكن بواسطة طريقة المحاولة والخطأ (الفصل 4) تحديد ما يلي: $i'\% = i_{fc} = IRR_{fc} = 24.01\%$. ونكتب باستخدام المعادلة (12.8) ما يلي:

$$i_{us} = \text{IRR}_{us} = \frac{0.2401 - 0.02}{1.02} = 0.2158 = 21.58\%$$

ولما كان هذا المعدل للعائد بدلالة الدولار الأمريكي، أكبر من معدل عائد الشركة MARR (20% سنوياً)، فإن المشروع مبرر اقتصادياً (ولكنه قريب جداً من الحد الأدنـــى لمعدل عائد الاستثمار اللازم).

حل آخر للطلب (أ)

نستطيع استناداً إلى المعادلة (11.8)، تحديد معدل المردود الأدنـــى MARR بدلالة العملة *A*، كما يلي:

$$i_{fc} = \text{MARR}_{fc} = 0.20 + 0.02 + 0.02\,(0.20) = 0.224 = 22.4\%$$

نستطيع بواسطة القيمة MARR_{fc} حساب القيمة الحالية (22.4%) للتدفق النقدي الصافي للمشروع (وهو مقدّر بوحدات العملة A)، أي PW (22.4%) = 32,597,000 وحدة نقدية من العملة A. ولما كانت هذه القيمة الحالية أكبر من الصفر، فإننا نؤكد أن هذا المشروع مبرّر اقتصادياً.

ويمكن، بمقاربة ثالثة (لن تُذكر هنا) استخدام معدلات الصرف المتوقعة لكل عام، لتحويل التدفق النقدي الصافي السنوي، والمقدّر بالعملة A إلى الدولار الأمريكي. ثم يمكن حساب القيمة الحالية للتدفق النقدي بالدولار الأمريكي عند MARR_{us} = 20%، لتحديد مدى قبول المشروع اقتصادياً. ولقد عُرضت هذه الطريقة في المثال 8-11.

(ب) نكتب اعتماداً على المعادلة (12.8) وقيمة المعدل IRR_{fc} (والبالغة 24.01%كما حُسبت في الطلب (آ)):

$$i_{us} = \text{IRR}_{us} = \frac{0.2401 - (-0.02)}{1 - 0.02} = 0.2654 = 26.54\%$$

ولما كان معدل المردود المقدّر بالدولار الأمريكي أكبر من القيمة MARR_{us} المطلوبة، والتـــي تساوي 20%، فإن المشروع مبرّر اقتصادياً.

وكمعلومات إضافية، نلاحظ في الحل الأول للطلب (آ)، عند توقع تخفيض العملة A مقابل الدولار الأمريكي، أن: IRR_{us} = 21.58%. في حين أن هذه القيمة، وعند توقع تخفيض الدولار الأمريكي مقابل العملة A في الطلب (ب)، أصبحت IRR_{us} = 26.54%. فما هي العلاقة بين تخفيض عملتين مختلفتين في طلبـــي المسألة، وبين هذه النتائج؟

الجواب: لما كانت الأرباح السنوية للشركة الأمريكية من الاستثمار تُقدّر بالعملة A أصلاً، وأن العملة A خُفضت أمام الدولار الأمريكي في السؤال (آ)، فإن هذه الأرباح ستقابل مبالغ متناقصة سنوياً عند تقديرها بالدولار الأمريكي، وهذا مايؤدي إلى تأثير سلبـــي على القيم IRR_{us} للمشروع. ولكن في السؤال (ب)، خُفض الدولار مقابل العملة A، وستـــقابل أرباح الشركة بمبالغ متزايدة سنوياً من الدولارات الأمريكية، وهذا ما يقود إلى تأثير إيجابـــي على القيمة IRR_{us} للمشروع.

7.8 تطبيقات وريقات الجدولة

يوضح المثال التالي استخدام وريقات الجدولة لتحويل الدولار الفعلي إلى دولار حقيقي، أو لإجراء التحويل المعاكس.

المثال 8-14

ترغب السيدة ســـارة غود Sara Goode في التقاعد عام 2022، بادخار شـــخصي 500,000 دولار (بقوة إنفاق عام

1997). لنفترض أن معدل التضخم المتوقع في الاقتصاد يبلغ وسطياً 3.75% كل عام خلال هذه المدة، تخطط سارة إلى استثمار 7.5% سنوياً من حساب الادخار، ويُتوقع ازدياد راتبها الشهري بمعدل 8% سنوياً بين العام 1997 و2022. ولنفترض أن راتب سارة السنوي عام 1997 هو 60,000 دولار، وأنها أجرت أول إيداع في نهاية العام 1991. ما هي النسبة المئوية من راتبها السنوي الواجب عليها ادخاره لأغراض التقاعد لتحقيق مخططها؟

المعدل الأساسي	إدخال الأرقام		الراتب البدائي عام 1997		$ 60,000
10.000%	1		زيادة الراتب السنوية		8.00%
1.000%	2		معدل للفائدة على الادخار		7.50%
0.100%	4		معدل التضخم الوسطي		3.75%
0.010%	5		للمبلغ المنشود عام 2022		$ 500,000
معدل الادخار			المبلغ المنشود عام 2022		
			رصيد المصرف عام 2022		
				رصيد	
		الراتب	الادخار	المصرف	
	Year	(A$)	(A$)	(A$)	
	1997		$ 7,470	$ 7,470	
	1998	64,800	8,068	16,098	
	1999	69,984	8,713	26,018	
	2000				
	2001	81,629	10,163	50,346	
	2002	88,160	10,976	65,098	
	2003	95,212	11,854	81,834	
	2004	102,829	12,802	100,774	
	2005	111,056	13,826	122,158	
	2006	119,940	14,933	146,253	
	2007	129,535	16,127	173,349	
	2008	139,898	17,417	203,767	
	2009	151,090	18,811	237,861	
	2010	163,177	20,316	276,016	
	2011	176,232	21,941	318,658	
	2012	190,330	23,696	366,253	
	2013	205,557	25,592	419,314	
	2014	222,001	27,639	478,402	
	2015	239,761	29,850	544,132	
	2016	258,942	32,238	617,180	
	2017	279,657	34,817	698,286	
	2018	302,030	37,603	788,261	
	2019	326,192	40,611	887,991	
	2020	352,288	43,860	998,450	
	2021	380,471	47,369	1,120,703	
	2022	$ 410,909	$ 51,158	$ 1,255,913	

الشكل 1.8: وريقة جدولة للمثال 8-14

يبين هذا المثال مرونة وريقات الجدولة، وإن كانت جميع الحسابات مبنية على معلومات لا نعلمها بعد (وهي النسبة المئوية من الراتب الواجب ادخارها). إذا تعاملنا بالدولار الفعلي، تصبح علاقات التدفقات النقدية فورية. تحوّل الصيغة في

الخلية F7، في (الشكل 1.8)، الرصيد النهائي المطلوب إلى دولارات فعلية. ويُدفع الراتب في نهاية العام، وفي تلك اللحظة، مع وضع جزء منه في الحساب المصرفي. يعتمد حساب الفائدة على بداية العام، ولكن لا يتعلق بالإيداعات التـي تجري في نهاية العام. ثم يزداد الراتب وتتكرر الدورة.

يبين (الشكل 1.8) نموذجاً لوريقة الجدولة. يمكننا إدخال صيغ التدرج الهندسي التـي تمثل زيادة الراتب (العمود C)، والنسبة المئوية للراتب (الخلية B7) المخصصة للادخار (العمود D) أو رصيد المصرف في نهاية العام (العمود E) دون معرفة النسبة المئوية للأجر المدَّخر.

تتسم كل وريقات الجدولة بسمة إيجاد الحلول التـي تحدد استراتيجية الادخار المطلوبة. يوضح هذا المثال مقاربة، قد تبدو غير أنيقة، ولكنها سريعة، ويمكن تطبيقها على البرمجيات التـي لا تتمتع بسمة "إيجاد الحلول".

تنص المقاربة على مراجعة معدل الادخار الأساسي مراجعة منهجية، ومقارنة الرصيد المصرفي (المنسوخ إلى الخلية F8 لسهولة رؤيته على الشاشة) بالرصيد المنشود في العام 2022. ولاختصار استعمال لوحة المفاتيح، يُقسم المعدل الأساسي على أعداد مرفوعة إلى الأس 10، في خلايا مستقلة، ضمن المجال B2 -B5. ويُدمج المعدل الأساسي مع الصيغة في الخلية B7. وانطلاقاً من الأس الأعلى للعدد 10 (الخلية B2)، نخرج كعامل مشترك معدل الادخار، وهذا ما يجعل الخليتين F7 وF8 متساويتين (أو شبه متساويتين). إن الصيغ التـي سُلط عليها الضوء في (الشكل 1.8) هي التالية:

الخلية	المحتوى
B7	B5 * A5 +B4 * A4 +B3 * A3 + B2 * A2 =
F7	(1+F4) ^ 25 * F5 =
F8	E38 =
C13	F1 =
C16	(1 + $F$2) * C15 =
D16	$B$7 * C16 =
E16	D16 + (1 + $F$3) * E15 =

بعد صياغة المسألة فـي وريقة الجدولة، نستطيع تحديد تأثير معدلات الفائدة المختلفة، ومعدلات التضخم، ونحـوها، اللازمة لتحقيق المخطط التقاعدي بإجراء أقل التغيرات، وبذل أصغر جهد.

8.8 الخلاصة

تُعدّ تغيرات الأسعار الناتجة عن التضخم أو الانكماش، حقيقة اقتصادية، وهي أمر شائع في بيئة الأعمال، وهي قد تؤثر في مقارنة الحلول البديلة. وفي الواقع، منذ العشرينيات، بلغت القيمة الوسطى لمعدل التضخم الأمريكي، عبر التاريخ، قرابة 4% سنوياً. وتعرض حلّ هذا الفصل إلى تضمين تغيرات الأسعار في دراسات الاقتصاد الهندسي قبل الضرائب وبعدها.

وفي هذا المنظور، يجب التحقق من تقدير التدفقات النقدية بالدولار الحقيقي أو الفعلي. إن معدل الفائدة المناسب الواجب استخدامه عند حسم المبالغ المقدرة بالدولار الفعلي أو ضمها، هو معدل السوق أو المعدل المركب، في حين ينبغي استخدام معدل الفائدة الحقيقي للشركة عند تطبيقه على تحليل بالدولار الحقيقي.

ترتبط دراسة الاقتصاد الهندسي غالباً بمقادير لا تستجيب للتضخم، مثل مبالغ الاهتلاك، ورسوم الفائدة، ورسوم

الاستئجار، والمبالغ الأخرى المثبتة في العقود. ويلزم لتجنب النتائج الاقتصادية الخاطئة تعرّف تلك المقادير ومعالجتها معالجة مناسبة في التحليل. ولقد عُرضت أيضاً إمكانية استخدام مفاهيم هذا الفصل الأساسية عند التعامل مع معدلات الصرف الأجنبية.

9.8 المراجع

FREIDENFELDS, J., and M. KENNEDY. "Price Inflation and Long-Term Present Worth Studies," *The Engineering Economist*, vol. 24, no. 3, Spring 1979, pp. 143–160.

Industrial Engineering, vol. 12, no. 3, March 1980. The entire issue is devoted to "The Industrial Engineer and Inflation." Of particular interest are the following articles:

(a) ESTES, C. B., W. C. TURNER, and K. E. CASE. "Inflation—Its Role in Engineering-Economic Analysis," pp. 18–22.

(b) SULLIVAN, W. G., and J. A. BONTADELLI. "How an IE Can Account for Inflation in Decision-Making," pp. 24–33.

(c) WARD, T. L. "Leasing During Inflation: A Two-Edged Sword," pp. 34–37.

JONES, B. W., *Inflation in Engineering Economic Analysis* (New York: John Wiley & Sons, 1982).

LEE, P. M., and W. G. SULLIVAN. "Considering Exchange Rate Movements in Economic Evaluation of Foreign Direct Investments," *The Engineering Economist*, vol. 40, no. 2, Winter 1995, pp. 171–199.

WATSON, F. A., and F. A. HOLLAND. "Profitability Assessment of Projects Under Inflation," *Engineering and Process Economics*, vol. 2, no. 3, 1976, pp. 207–221.

10.8 المسائل

يشير الرقم بين قوسين ( ) الذي يلي كل مسألة إلى المقطع الذي أُخذت منه المسألة.

1.8 افترض أن أحد أقربائك سيقدم لك هدية نهاية العام، قدرها 1,000 دولار، خلال الأعوام العشرة المقبلة.

آ. إذا كان المعدل العام للتضخم الوسطي هو 6% سنوياً خلال الأعوام العشرة المقبلة، ما هي القيمة المكافئة لهذه الهدية في الوقت الحالي؟ يُفترض أن معدل الفائدة الحقيقية هو 4% سنوياً.

ب. افترض أن ذلك القريب قد قرر زيادة هديته السنوية، البالغة 1,000 دولار، بمقدار 6% سنوياً لمواكبة التضخم، ما هي القيمة الحالية (PW) لهذه الهدية، إذا كان معدل الفائدة الحقيقي هو 4% سنوياً. (2.8)

2.8 نظراً إلى التضخم العام للأسعار في الاقتصاد، تتقلص القوة الشرائية للدولار مع مرور الزمن. إذا كان معدل تضخم الأسعار المتوقع هو 4% سنوياً خلال المستقبل القريب، ما هو عدد السنين اللازم لكي تكون القوة الشرائية للدولار نصف قيمتها الحالية؟ (أي ما هو الزمن اللازم لشراء دولارين بقيمة دولار اليوم؟) (2.8)

3.8 أي الحالتين التاليتين تفضل (2.8)؟

آ. افترض أنك تستثمر 2,500 دولار بشهادة إيداع، تكسب معدل فائدة قدره 8% سنوياً، وأنت تخطط بعدم تحريك ذلك المبلغ خلال الأعوام الخمسة المقبلة. ويُتوقع أن يكون المعدل العام لتضخم الأسعار الوسطي هو 5% سنوياً وتُهمل ضرائب الدخل.

ب. أنت تنفق 2,500 دولار على قطعة أثاث أثرية، وأنت تعتقد أن تلك القطعة ستباع بعد 5 سنوات بقيمة 4,000

دولار. افترض أن المعدل العام لتضخم الأسعار الوسطي 5% سنوياً. وتُهمل هنا أيضاً ضرائب الدخل.

4.8 تُقدّر النفقات السنوية للحلين البديلين بالاعتماد على قواعد مختلفة كما يلي:

نهاية السنة	الحل A النفقات السنوية المقدّرة بالدولار	الحل B النفقات السنوية المقدرة بالدولار الحقيقي مع $b = 0$
1	$120,000	$100,000
2	132,000	110,000
3	148,000	120,000
4	160,000	130,000

إذا كان المعدل الوسطي العام لتضخم الأسعار المتوقع هو 6% سنوياً، ومعدل الفائدة الحقيقي هو 9% سنوياً، بيّن الحل ذا القيمة المكافئة الدنيا في مدة الأساس (2.8).

5.8 ترغب شركة في تحديد الجدول الزمنـــي الأكثر اقتصادياً لترميم معدّاتها؛ بغية استثمارها خلال السنوات التسع المقبلة. إن القيمة الدنيا لمعدل العائد الحقيقي، التـــي قد تجذب الشركة، هي 7% سنوياً. نعرض فيما يلي الحلول البديلة، التـــي تُقدّر التكاليف فيها بالدولار الحقيقي (القيمة الثابتة) (2.8).

آ. إجراء ترميم لكامل المعدّات الآن بمبلغ $10,000.

ب. إجراء ترميم لمعظم المعدّات الآن بمبلغ $7,000، بحيث تخدم خلال السنوات الست المقبلة، ثم ترميم محدود في نهاية السنة السادسة بقيمة 5,000 دولار.

ج. إجراء الحد الأدنـــى من الترميم الآن، بكلفة 5,000 دولار، إضافة إلى إجرائه بعد 3سنوات و6 سنوات من الآن.

6.8 حصل مهندس حديث التخرج على المعاشات السنوية المبينة في الجدول التالي خلال السنوات الأربع الماضية. وخلال هذه المدة، تظهر قيمة المؤشر CPI في الجداول. حدِّد المعاشات السنوية للمهندس، وفق دولار *السنة 0* ($b = 0$) باستخدام المؤشر CPI دليلاً على التضخم العام للأسعار. (2.8).

نهاية السنة	الراتب (A$)	المؤشر CPI
1	$34,000	%7.1
2	36,200	%5.4
3	38,800	%8.9
4	41,500	%11.2

7.8 تصل فاتورة كهرباء شركة ضخمة إلى 400 مليون دولار. وخلال السنوات العشر الأخيرة، يُتوقع ازدياد استعمال الكهرباء بنسبة 75%، ويُتوقع إذن أن تبلغ فاتورة الكهرباء في السنة العاشرة القيمة 920 مليون دولار. بافتراض أن زيادة استعمال الكهرباء والمعدلات خلال السنوات العشر تجري وفق معدلات سنوية مركبة، ما هو المعدل السنوي لتضخم أسعار الكهرباء الذي تتوقعه الشركة؟ (2.8)

8.8 قررت طالبة ثانوية استثمار 5% من راتبها في السنة الأولى، في صندوق تعاونـــي. ويُقدَّر المبلغ بقيمة 1,000 دولار في السنة الأولى. ولقد أُخبرت الطالبة بضرورة أن يتلاءم ادخارها مع ازدياد الأجور المتوقع، ولذا، قررت استثمار نسبة إضافية مقدارها 8% سنوياً، خلال السنوات العشر المقبلة. وفي نهاية العام الأول، استثمرت 1,000 دولار في

الصندوق، وفي نهاية العام الثاني، أصبح المبلغ 1,080 دولار، وفي السنة الثالثة، 1,166.40 دولار وهكذا حتـــى السنة العاشرة. إذا كان معدل التضخم الوسطي المتوقع هو 5% سنوياً خلال السنوات العشر المقبلة، وإذا كانت الطالبة تتوقع نسبة عائد حقيقي للاستثمار قدرها 2%. ما هي القيمة المستقبلية للصندوق التعاونـــي في نهاية العام العاشر؟ (2.8).

9.8 بلغت كلفة تصميم بناء تجاري 89 دولار/ قدم^2، قبل 8 أعوام (مساحة البناء 8000 قدم^2). ولقد ارتفعت كلفة البناء بنسبة 5.4% سنوياً منذ ذلك الحين. وفي الوقت الحالي، تنظر الشركة في إنشاء بناء آخر، مساحته 125,000 قدم^2، بالتصميم ذاته. يُقدّر عامل سعة الكلفة بقيمة X = 0.92. إضافة إلى ذلك، يُقدر رأس المال العامل بنسبة 5% من تكاليف الإنشاء، ونسبة إدارة المشروع والخدمات الهندسية، والتكاليف الثابتة بقيمة 4.2%، 8%، 31% على التوالي من تكاليف الإنشاء. وتُقدّر أيضاً قيمة النفقات السنوية في السنة الأولى من العمل بمبلغ 5 دولار/ قدم^2، ويُتوقع زيادتها بنسبة 5.66% سنوياً بعد ذلك. ويُقدّر المعدل العام للتضخم بنسبة 7.69% سنوياً، والمعدل المعتمد على السوق $MARR_C$ = 12% سنوياً (الفصل 7 و2-8).

آ. ما هو استثمار رأس المال المقدّر لإنشاء البناء ذي المساحة 125,000 قدم^2.

ب. اعتماداً على تحليل قبل الضرائب، ما هي القيمة الحالية للسنوات العشر الأولى لملكية البناء؟

ج. ما هي القيمة السنوية AW للسنوات العشر الأولى لملكية البناء، مقدرة بالدولار الحقيقي ($R)؟

10.8 تُقدّر موازنة التشغيل لموظفين في مؤسسة هندسية للعام المالي 2004 بمبلغ 1,780,000 دولار. وتظهر في الجدول التالي نفقات الموازنة الفعلية للموظفين خلال العامين الماليين السابقين، إضافة إلى تقديرات العامين المقبلين، وتُقدّر هذه النفقات بالدولار الفعلي. إلا أن الإدارة تريد أيضاً مبالغ الموازنة السنوية لهذه السنوات، وفق منظور ثابت للدولار. تُعتمد السنة المالية 2004 لهذا الغرض (b = 2004)، ويُقدّر المعدل العام لتضخم الأسعار بقيمة 5.6% سنوياً. ما هي مبالغ الموازنة السنوية مقدرة بالدولار الثابت (الحقيقي)؟ (2.8).

العام المالي	مبلغ الموازنة (A$)
2002	$1,615,000
2003	1,728,000
2004	1,780,000
2005	1,858,300
2006	1,912,200

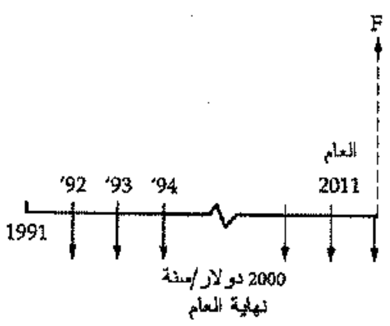
11.8 يرغب أحد الأفراد في أن يكون لديه مبلغ مخطط سلفاً يدخره للتقاعد المتوقع بعد 20 عاماً. يكافئ هذا المبلغ 30,000 دولار، بحسب القوة الشرائية للدولار الحالي. إذا كان معدل التضخم المتوقع هو 7% سنوياً، وإذا كانت نسبة الفائدة في حساب الادخار 5%، ما هو المبلغ الإجمالي الواجب إيداعه الآن في حساب الادخار؟ (2.8).

12.8 تحتاج الشركة AZROC إلى شراء نظام حاسوبـــي لأحد مكاتبها الهندسية الإقليمية. يُقدّر سعر الشراء بقيمة 50,000 دولار، ويؤدي هذا النظام إلى تقليص النفقات السنوية بقيمة 18,000دولار سنوياً، مقدرة بالدولار الحقيقي. ترتفع النفقات السنوية تاريخياً بمعدل وسطي قدره 8% سنوياً، ويُتوقع استمرار ذلك مستقبلاً. يُتعاقد على خدمات الصيانة، وتبلغ كلفتها السنوية الثابتة 3,000 دولار (بالدولار الفعلي). نفترض أيضاً أن f = 8% سنوياً.

ما هو الحد الأدنـــى لعمر النظام (مقدراً بعدد صحيح) بحيث يكون شراؤه مبرراً اقتصادياً؟ افترض أن القيمة السوقية للحاسوب هي 0 في جميع الأوقات، وأن معدل العائد الأدنـــى MARR للشركة هو 25% سنوياً (وهذا يتضمن التسوية لمواكبة التضخم المتوقع في الاقتصاد). اظهر كل الحسابات (2.8).

13.8 يقرض مستثمر مبلغاً قدره 10,000 دولار اليوم، لكي يقبضه كمبلغ إجمالي بعد 10 سنوات بمعدل فائدة مركب قدره (i_c =) 10% سنوياً. ما هو المعدل الحقيقي للعائد، بافتراض أن المعدل العام لتضخم الأسعار هو 8% سنوياً؟ (2.8).

14.8 فتح مستثمر حساب ادخار فردياً عام 1991، أجرى فيه *سلسلة* من الإيداعات، وعددها 20؛ كما هو مبين في الشكل التالي:



يُتوقع أن يكون معدل الفائدة المركّبة للحساب هو 12% سنوياً حتـــى العام 2011. ويُتوقع أن يكون المعدل العام الوسطي للتضخم هو 6% سنوياً خلال هذه المدة (2.8).

آ. ما هي القيمة المستقبلية لحساب الادخار في نهاية العام 2011.

ب. ما هي القيمة المستقبلية لحساب الادخار وفق قوة الإنفاق في العام 1991 (مدة زمن الأساس).

15.8 يحتاج مشروع معين إلى استثمار قدره 20,000 دولار، ويُتوقع أن يكون مردوده 6000 دولار، بالدولار الفعلي، في نهاية العام الأول، و8,000 دولار في نهاية العام الثاني، و12,000 دولار في نهاية العام الثالث. ويُقدّر المعدل العام لتضخم الأسعار بقيمة 5% سنوياً، ومعدل الفائدة الحقيقي 10% سنوياً. قارن القيمة الحالية لهذا المشروع باستخدام تحليل قبل الضرائب بالدولار الفعلي والحقيقي (نفترض أن $b = 0$) (2.8).

16.8 يبيّن الجدول التالي تقديرات تغير الأسعار السنوي، بالنسبة المئوية، لمنتجين خلال السنوات السبع المقبلة. يرغب القارئ في تبسيط نمذجة تأثيرات التغير السعري على تحليل الكلفة المجراة. ما هو المعدل السنوي الفرعي المستخدم في النموذج المبسّط لكل منتج، خلال مدة السنوات السبع.

السنة	تغير الأسعار (%)	
	المنتج *A*	المنتج *B*
1	4.6	8.3
2	4.8	7.5
3	6.1	9.0
4	6.9	8.0
5	5.8	7.0
6	7.2	9.0
7	6.6	9.5

17.8 يجب أن تحصل الشركة على بعض تجهيزات الإنتاج للسنوات الست المقبلة، وهي تدرس إمكانية استئجارها. ولنفترض القيام بدراسة بعد الضرائب بالدولار الفعلي لمقاربة الاستئجار. تعطى المعلومات اللازمة لهذه الدراسة كما يلي:

تكاليف الاستئجار: السنة الأولى 80,000 دولار، الثانية 60,000 دولار، من السنة الثالثة حتى السادسة: 50,000 دولار سنوياً. ولنفترض أن المؤجر قد قدم عقداً يمتد على 6 سنوات، يثبت فيه هذه التكاليف خلال تلك المدة.

تكاليف أخرى (غير مشمولة بالعقد): 4,000 دولار، بحسب دولار العام 0، ويتوقع ازديادها بنسبة 10% سنوياً. معدل ضريبة الدخل الفعال: 40% (5.8).

آ. أعط التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF بالدولار الفعلي لمقاربة الاستئجار.

ب. إذا كان المعدل MARR الحقيقي (i_r) بعد الضرائب هو 5% سنوياً، وكان معدل التضخم السنوي (f) هو 9.524% سنوياً، ما هي الكلفة السنوية المكافئة بعد الضرائب، مقدرة بالدولار الفعلي لمقاربة الاستئجار.

18.8 يبلغ مقدار استثمار رأس المال في آلة تعبيد طرقات حديثة 838,000 دولار. وتُقدّر النفقات السنوية، وفق دولار العام 0، بقيمة 92,600 دولار. ويُتوقع ازدياد النفقات بمعدل 6.3% سنوياً. نفترض أن $f = 4.5\%$، $N = 7$ سنوات. وتُقدّر قيمة السوق لاستثمار رأس المال في نهاية العام 7 بنسبة 15%، والمعدل MARR (بالدولار الحقيقي) بقيمة 10.05% سنوياً. ما هو الإيراد السنوي المنتظم (قبل الضرائب)، مقدراً بالدولار الفعلي، الذي تحتاجه الآلة لتغطية النفقات؟ (3.8).

19.8 يُتوقع لوحدة تدفئة بالغاز سد حاجة الطاقة الحرارية البالغة 500 مليون btu، ويُقدر مردود الوحدة بنسبة 80%. بافتراض أن الاحتراق الفعال بمردود 100% لكمية من الغاز الطبيعي قدرها 1,000 قدم^3 يقدم مليون btu، وأن سعر 1,000 قدم ^{3} من الغاز الطبيعي هو 2.50 دولار، ما هي القيمة الحالية PW لكلفة وقود هذه الوحدة خلال 12 سنة، مع توقع تصعيد أسعار الغاز الطبيعي بمعدل وسطي يبلغ 10% سنوياً؟ يفترض أن المعدل MARR للشركة ($= i_c$) هو 18% سنوياً (3.8).

20.8 تستخدم شركة معينة المحرك الكهربائي الضخم ذاته في عدة مواقع ضمن منشآت توليد الطاقة الكهربائية التابعة لها. ويتوفر في السوق محرك آخر جديد أكثر فعالية، يُقدّر سعر السوق للنظام الجديد بمبلغ 71,000 دولار. نفترض ما يلي:

- مدة التحليل: 10 سنوات.
- المعدل العام للتضخم: 3.2%.
- المعدل الكلي لتصعيد الأسعار، بسبب الاقتصاد السنوي في نفقات التشغيل، هو 5.7% سنوياً. ونفترض أن أي اقتصاد في السنة الأولى سيؤدي إلى التصعيد بالمعدل ذاته بعدئذ.
- يبلغ معدل العائد الأدنى MARR قبل الضرائب 12% سنوياً (ولا يتضمن ذلك عامل التضخم).
- مدة الأساس هي السنة 0 ($b = 0$).

إذا أهملنا أي قيمة سوق أو ضرائب دخل، ما هو الاقتصاد السنوي الواجب تحقيقه في السنة 1 لتغطية ثمن المحرك الجديد، المشترى بسعر السوق 71,000 دولار (استخدم تحليلاً بالدولار الفعلي). (3.8).

21.8 تُقدّر كلفة مضخة تدفئة صغيرة حالياً، تحوي نظام تنقية الغبار، بمبلغ 2,500 دولار، ويتضمن ذلك أجور الشراء

والتركيب. ولهذه المضخة عمر مفيد قدره 15 سنة و يُحتاج إلى نفقات صيانة سنوية بقيمة 100 دولار حقيقي (دولار العام 0) خلال مدة خدمتها. وتحتاج إلى استبدال الضاغط في نهاية العام 8 بكلفة 500 دولار حقيقي. إن الكلفة السنوية للكهرباء اللازمة لمضخة التدفئة هي 680 دولار، اعتماداً على الأسعار الراهنة. ويُتوقع ارتفاع أسعار الكهرباء بمعدل سنوي قدره 10%، في حين يُتوقع زيادة بقية النفقات بمعدل 6%، الذي يمثل المعدل العام لتضخم الأسعار. إن المعدل MARR للشركة، الذي يتضمن التضخم العام للأسعار، هو 15% سنوياً. ولا يُتوقع أن يكون لمضخة التدفئة أي قيمة سوق بعد انقضاء مدة 15 عام (3.8).

آ. ما هي القيمة السنوية AW، معبّراً عنها بالدولار الفعلي، لاقتناء هذه المضخة وتشغيلها ؟

ب. ما هي القيمة السنوية، معبّراً عنها بالدولار الحقيقي، لاقتناء هذه المضخة وتشغيلها ؟

22.8 تدرس شركة معينة اقتناء إحدى آلتين مختلفتين لأداء مهمة محددة. تستطيع أي من الآلتين تنفيذ المطلوب. تكلف الآلة A 150,000 دولار ككلفة ابتدائية، في حين تصل كلفة الآلة B إلى 200,000 دولار (النموذج الفاخر). وتُقدّر تكاليف الآلة A في السنة 1 بمبلغ 1,000 دولار، وللآلة الثانية B بمبلغ 500 دولار. وتتوقع الإدارة زيادة التكاليف وفق معدل التضخم الوسطي البالغ 10% سنوياً. تعتمد الشركة مدة للدراسة قدرها 10 سنوات. ويبلغ معدل ضريبة الدخل الفعال النسبة 50%. وتنتمي الآلتان إلى صنف الممتلكات MACRS (GDS) ذي 5 سنوات. ما هي الآلة التـي ستختارها الشركة ؟ (5.8).

23.8 تحاول شركة للمرافق الكهربائية في المنطقة الشمالية الشرقية اتخاذ قرار في الانتقال من النفط إلى الفحم الحجري في إحدى محطات التوليد. وبعد العديد من الاستقصاءات، لُخصت المسألة بالحلول الاقتصادية الوسطى التالية:

	النفط	الفحم الحجري
كلفة		
التطبيق الرجعي لمراجل الغلي لحرق الفحم	-	؟
نفقات الوقود السنوية (دولار العام 0)	$25 \times 10^6$$	$17 \times 10^6$$
معدل التصعيد (e_j)	10% سنوياً	6% سنوياً
عمر المنشأة	25 عاماً	25 عاماً

حدّد كلفة التطبيق الرجعي لمراجل الغلي التـي يمكن تجهيزها في هذه المحطة (لكي تتمكن من حرق الفحم). يُقدّر معدل العائد الأدنـى MARR الحقيقي للمحطة بقيمة 3% سنوياً، ومعدل التضخم العام في الاقتصاد 6% سنوياً، خلال السنوات الخمس والعشرين المقبلة (3.8, 2.8).

آ. حل المسألة بتحليل الدولار الفعلي.

ب. حل المسألة بتحليل الدولار الحقيقي.

24.8 نفترض تعديل المسألة 2.5 بحيث تكون الإيرادات السنوية المنقوصة النفقات للتصميمات الثلاثة كما يلي:

التصميم	الإيرادات السنوية المنقوصة النفقات
1	5500 دولار في السنة الأولى، وتزداد 300 دولار سنوياً بعد ذلك.
2	3300 دولار في السنتين الأولى والثانية، وتزداد بمعدل 10% سنوياً بعد ذلك.
3	4800 دولار من السنة الأولى حتى الرابعة، وتزداد بمعدل 7% سنوياً بعد ذلك.

أعد حل المسألة 2.5 باستخدام طريقة القيمة الحالية، لتحديد التصميم الأفضل (5-4 ,8-3).

25.8 نظراً إلى تشريعات السلامة الأكثر تشدداً، يجب تركيب نظام ترشيح هواء متقدم في منشأة تنتج مركبات كيميائية، كثيرة التعرض إلى الصدأ. يبلغ استثمار رأس المال لهذا النظام قيمة 260,000 دولار، وفق قيمة الدولار الحالية. يبلغ عمر النظام 10 سنوات، وهو ينتمي إلى صف الممتلكات ذات الخمس أعوام MACRS (GDS). ويُتوقع أن تكون قيمة السوق في نهاية السنوات العشر 50,000 دولار، وفق القيمة الحالية للدولار. ويُتوقع أن تبلغ النفقات السنوية، المقدرة بدولار اليوم، 6,000 دولار سنوياً، ولا يتضمن ذلك ضريبة الأملاك السنوية البالغة 4% من تكاليف الاستثمار (وهي لا تتعرض إلى التضخم). ونفترض أن العمر المتبقي للمنشأة هو 20 سنة، وأن تكاليف الاستبدال، والنفقات السنوية، وقيمة السوق تتصعد بمعدل 6% سنوياً.

إذا كان المعدل الفعال لضريبة الدخل هو 40%، ضع جدولاً يحدد التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF للنظام خلال 20 عاماً. ويُرغب أن يكون معدل عائد السوق بعد الضرائب لاستثمار رأس المال هو 12% سنوياً. ما هي القيمة الحالية لتكاليف النظام بعد الأخذ في الحسبان لضرائب الدخل ؟ أعطِ التدفق النقدي ATCF بالدولار الحقيقي (نفترض أن المعدل العام لتضخم الأسعار هو 4.5% خلال 20 عام) (الفصل 6 والمقطعان 8-4 ,8-5).

26.8 يمكن شراء آلة خراطة معينة بثمن 150,000 دولار، وهي تُستهلك خلال 3 سنوات لتكون قيمة استردادها معدومة، وفق الطريقة SL. تنتج هذه الآلة قطعاً معدنية، تُقدّر إيراداتها بقيمة 80,000 دولار سنوياً (دولار اللحظة 0). تنهج الشركة سياسة لزيادة الإيرادات السنوية كل عام، بغية مواكبة المعدل العام للتضخم، والبالغ 5% سنوياً ($\bar{f} = 0.05$). يُتوقع زيادة أجور اليد العاملة، والمواد، والمرافق الأخرى والبالغة إجمالاً 20,000 دولار سنوياً (دولار اللحظة 0)، بمقدار 9% كل عام. ويبلغ المعدل الفعال لضريبة الدخل النسبة 50%، والمعدل MARR بعد الضرائب (i_c) 26% سنوياً.

أجرِ تحليلاً بالدولار الفعلي، وحدّد التدفق النقدي ATCF السنوي لفرصة الاستثمار السابقة. نفترض أن العمر الافتراضي للآلة هو 3 سنوات، وبأخذ القيمة التـــي هي أقرب للدولار، ما هو معدل الفائدة الواجب استخدامه لأغراض الحسومات؟ (8-5).

27.8 تصنّع شركة ما بطاقات دارات، وقطعاً إلكترونية لمنتجات تجارية متنوعة. تتطلب تغيرات التصميم، في أحد أجزاء خطوط الإنتاج، التـــي يُتوقع أن تؤدي إلى زيادة المبيعات، تغيرات في عملية التصنيع. وتبلغ الكلفة الأساسية للتجهيزات الحديثة اللازمة 220,000 دولار (وهي من صف الممتلكات MACRS ذات السنوات الخمس). تُقدّر الإيرادات السنوية، بدولار العام 0، بمبلغ 360,000 دولار. ويُتوقع زيادة النفقات السنوية بمقدار 239,000 دولار. ويُتوقع أن تكون قيمة السوق للتجهيزات في نهاية السنوات الست، وهي مدة التحليل، مقدرة بالدولار الفعلي، 40,000 دولار. يُقدّر المعدل العام لتضخم الأسعار بنسبة 4.9% سنوياً، ومعدل التصعيد الكلي للإيرادات السنوية هي 2.5%، ومعدل زيادة النفقات السنوية 5.6%، والمعدل MARR بعد الضرائب (بحسب السوق) هو 10% سنوياً، وt = 39% (الفصل 6 والمقطعان 8-4 ,8-5).

آ. اعتماداً على تحليل بعد الضرائب بالدولار الفعلي، ما هو المقدار الأعظم الذي تستطيع الشركة إنفاقه على المشروع كاملاً (أي لتغيير عمليات التصنيع)؟ استخدم طريقة القيمة الحالية للتحليل.

ب. أعط (بيّن) التدفقات النقدية ATCF بالدولار الحقيقي.

28.8 أُسندت إليك مهمة إجراء تحليل في الشركة لتحديد شراء أو استثمار بعض تجهيزات النقل. مدة التحليل هي 6 سنوات، وسنة الأساس هي العام 0 (0= *b*). ويقدم (الجدول P8-28) المعلومات اللازمة الأخرى.

آ. تحدد شروط عقد الاستثمار كلفة قدرها 300,000 دولار في السنة الأولى، وكلفة قدرها 200,000 دولار سنوياً من العام 2 إلى 6 (لا يشمل العقد، وفق هذه المعدلات، بنود النفقات السنوية).

ب. إن قيمة المعدل MARR بعد الضرائب (*بدون* تضمين التضخم) هي 13.208% سنوياً.

ج. إن المعدل العام للتضخم (*f*) هو 6%.

د. إن المعدل الفعال لضريبة الدخل (*t*) هو 34%.

هـ. نفترض أن التجهيزات تنتمي إلى صف الممتلكات MACRS (GDS) ذات السنوات الخمس.

ما هو الحل المفضّل (استخدم تحليلاً بعد الضرائب بالدولار الفعلي، ومعيار القيمة FW). (الفصل 6، المقطعان 8-4 و8-5).

الجدول P8-28: جدول المسألة P8-28.

بند التدفق النقدي	تقدير بدولار العام 0		التقدير الأنسب لتغيرات الأسعار (% سنوياً، e_j)
	الشراء	الاستئجار	
استثمار رأس المال	$600,000	–	–
قيمة السوق في نهاية السنوات الست	$90,000	–	%2
نفقات التشغيل والتأمين والنفقات السنوية الأخرى	$26,000	$26,000	6
نفقات الصيانة السنوية	32,000	32,000	9

29.8 تدرس شركة دولية، مقرها في الدولة A، مشروعاً في الولايات المتحدة. ترتفع العملة في الدولة *A*، ولتكن *X*، مقابل الدولار الأمريكي. وبكلمات أكثر تحديداً، يُقدّر معدل التخفيض السنوي للدولار الأمريكي بقيمة 2.6% سنوياً (ويُتوقع استمرار ذلك). نفترض أن معدل الصرف الحالي هو 6.4 وحدات *X* لكل دولار أمريكي. (أ) ما هو معدل الصرف المتوقع بعد سنتين من الآن؟ (ب) إذا كانت العملة *X* تنخفض أمام الدولار الأمريكي، ماذا سيصبح معدل الصرف بعد 3 سنوات من الآن؟

30.8 تحتاج شركة معينة إلى معدل عائد داخلي (قبل الضرائب) مقداره 26% لاستثمار المشروع في الدول الأجنبية بالدولار. (6.8).

آ. إذا كانت عملة الدولة *A* ستنخفض بمعدل وسطي 8% سنوياً مقارنة بالدولار الأمريكي، ما هو معدل العائد اللازم للمشروع (بدلالة العملة هناك).

ب. إذا كان من المتوقع انخفاض الدولار أمام العملة *B* بمعدل 6% سنوياً، ما هو معدل العائد اللازم للمشروع (بدلالة العملة هناك).

31.8 تدرس شركة أمريكية مشروع تقانة عالية في دولة أجنبية. يبيّن الجدول التالي النتائج الاقتصادية المقدرة للمشروع (بعد الضرائب) بالعملة الأجنبية (T) لمدة التحليل البالغ 7 سنوات. تتطلب الشركة معدل عائد قدره 18% بالدولار الأمريكي (بعد الضرائب) لأي استثمار في هذه الدولة الأجنبية. (6.8).

نهاية السنة	التدفق النقدي (بالوحدة T بعد الضرائب)
0	-3,600,000
1	450,000
2	1,500,00
3	1,500,00
4	1,500,00
5	1,500,00
6	1,500,00
7	1,500,00

آ. هل ينبغي قبول المشروع اعتماداً على تحليل القيمة الحالية بالدولار الأمريكي، إذا كان معدل تخفيض العملة T أمام الدولار الأمريكي هو 12% سنوياً، وإذا كان معدل الصرف الحالي هو 20 وحدة T لكل دولار؟

ب. ما هو المعدل الداخلي IRR للمشروع مقدراً بالعملة T؟

ج. بناءً على جواب الطلب (ب)، ما هو المعدل الداخلي IRR بالدولار الأمريكي؟

32.8 تدرس شركة تصنيع سيارات في الدولة X بناء وتشغيل منشأة ضخمة على الجانب الشرقي للولايات المتحدة. يُقدّر المعدل MARR بقيمة 20% سنوياً قبل الضرائب (وهذا هو معدل السوق نسبة إلى عملة الدولة X). إن مدة التحليل التـي تدرسها الشركة لهذا الاستثمار هي 10 سنوات. تُقدم المعلومات الإضافية التالية:

- عملة الدولة X هي Z كرون.
- يُقدّر أن الدولار الأمريكي سيضعف نسبة إلى العملة Z كرون خلال السنوات العشر المقبلة. وبالتحديد، يُقدّر معدل تخفيض الدولار بنسبة 2.2% سنوياً.
- إن معدل الصرف الحالي هو 92 Z كرون لكل دولار أمريكي.
- إن التدفق النقدي الصافي قبل الضرائب (مقدراً بالدولار الأمريكي) هو كما يلي:

نهاية السنة	التدفق النقدي الصافي (بالدولار)
0	-$168,000,000
1	-32,000,000
2	69,000,000
⋮	⋮
10	69,000,000

اعتماداً على تحليل قبل الضرائب، هل سيلائم المشروع معايير الشركة الاقتصادية في اتخاذ القرار؟ (6.8).

33.8 تبلغ كلفة برمجيات النماذج الأولية السريعة XYZ 20,000 دولار، وهي تدوم سنة واحدة، ثم تُغطى نفقتها (أي تُستهلك خلال عام واحد). تؤدي الترقية إلى زيادة الكلفة بمقدار 10% سنوياً، انطلاقاً من العام 2. ما هو المبلغ الممكن إنفاقه على اتفاقية ترقية برمجيات النمذجة السريعة التـي تدوم 3 سنوات، والتـي تُستهلك خلال 3 أعوام وفق الطريقة SL إلى الصفر؟ إن المعدل MARR هو 20% سنوياً (i_c) ومعدل ضريبة الدخل الفعال (t) هو 34%. (8-5).

34.8 *حالة استحثاث ذهنـــي.* هذه دراسة حالة تبرر اقتناء نظام حاسوبـــي لشركة نظرية، وهي شركة التصنيع ABC. تُعطى المعطيات التالية:

- إن كلفة البرمجيات والعتاديات الابتدائية هي 80,000 دولار.
- تُقدّر تكاليف الطوارئ بقيمة 15,000 دولار (وهي غير متضمنة بالضرورة).
- يكلف عقد لخدمة العتاديات 500 دولار شهرياً.
- إن المعدل الفعال لضريبة الدخل (t) هو 38%.
- وضعت الإدارة قيمة للمعدل الأدنـــى MARR (i_c) قدرها 15% سنوياً.

إضافة إلى ذلك، وُضعت الفرضيات والتوقعات التالية:

- يحتاج دعم النظام دعماً متواصلاً إلى توظيف محلل/ مبرمج. إن الأجر الابتدائي (السنة الأولى) هو 28,000 دولار وتصل قيمة الفوائد الإضافية إلى 30% من الراتب الأساسي. تُتوقع زيادة الرواتب بمعدل 6% سنوياً بعدئذ.
- يُتوقع أن ينقص من النظام 3 موظفين (يخرجون من الخدمة خروجاً طبيعياً)، بأجر وسطي لكل منهم قدره 16,200 دولار سنوياً (وهو الراتب الأساسي مضافاً إليه المنح الإضافية)، وفق دولار العام 0 (سنة الأساس). ويُخمن أن يتقاعد شخص في السنة الثانية، وآخر في السنة الثالثة، والثالث في السنة الرابعة.
- يُتوقع تقليص كلفة المواد المشتراة بنسبة 3%. تبلغ مشتريات السنة الأولى 1,000,000 دولار وفق دولار العام 0، ويُتوقع نموها بمعدل مركّب مقداره 10% سنوياً.
- يُتوقع أن يمتد عمر المشروع على 6 سنوات، وأن يُستهلك استثمار رأس المال في الحاسوب كلياً خلال مدة التحليل (صف الممتلكات MACRS (GDS) ذي السنوات الخمس).

اعتماداً على هذه المعلومات، أجرِ تحليلاً للتدفق النقدي بعد الضرائب ATCF بالدولار الفعلي. هل هذا الاستثمار مقبول استناداً إلى العوامل الاقتصادية فقط؟ (8-5, 8-2, 8-5).

تحليل الاستبدال

تعد قرارات الاستبدال مهمة وحاسمة لأي منظمة أعمال. يهدف هذا الفصل إلى ما يلي: (1) مناقشة الاعتبارات المتعلقة بدراسات الاستبدال. (2) معالجة السؤال الأساسي المتعلق بالحفاظ على أحد الأصول سنة واحدة أو أكثر، أو الاستعاضة عنها بأفضل الحلول البديلة المتاحة.

نناقش في هذا الفصل المواضيع التالية:

أسباب استبدال الأصول.

العوامل الواجب أخذها في الحسبان في دراسات الاستبدال.

مسألة الاستبدال النموذجية.

تحديد العمر الاقتصادي للحل المتحدي (challenger).

تحديد العمر الاقتصادي للحل المدافع defender.

المقارنة عند اختلاف العمر المجدي للمتحدي عن المدافع.

الخروج من الخدمة بدون استبدال (أي التخلي).

دراسات الاستبدال بعد الضرائب.

مثال شامل (يتضمن التوسيع Augmentation).

1.9 مقدمة

ثمة حالة قرار، تُصادف غالباً في شركات الأعمال والمنظمات الحكومية، إضافة إلى تعرض الأفراد لها، وهي الخيار بين إخراج أحد الأصول من الخدمة، أو الحفاظ عليها، أو الاستعاضة عنها بأصل جديد. ونظراً إلى ازدياد ضغط المنافسة العالمية، التـي تتطلب سلعاً وخدمات بجودة أعلى، وأزمنة استجابة أقصر، وتغيرات أخرى، أصبح اتخاذ هذا النوع من القرار أمراً متكرراً. ولذا، تتطلب مسألة الاستبدال، كما تسمى عادة، دراسات متأنية في الاقتصاد الهندسي لتقديم المعلومات اللازمة لاتخاذ قرارات ملائمة، تحسّن مردود عمل الشركة، وترفع موقعها التنافسي.

تُجرى دراسات الاستبدال في الاقتصاد الهندسي باستخدام الطرائق الأساسية ذاتها المعتمدة في الدراسات الاقتصادية الأخرى التـي تقارن بين حلين بديلين أو أكثر. ولكن تحدث حالة اتخاذ القرار المحدد بأنماط مختلفة. ففي بعض الأحيان، قد يجري الخيار بين إخراج أحد الأصول من الخدمة دون استبدالها (أي التخلي عنها)، وبين الحفاظ عليها كنظام رديف بدلاً من الاعتماد الرئيسي عليها. وقد يأخذ القرار في الحسبان إمكانية سد حاجات الإنتاج وتوسيع سعة أو إمكانات الأصول الحالية. ولكن في أغلب الأحيان، يتعلق القرار بالاستعاضة عن الأصل القديم الحالي والذي يسمى المدافع، بأصل جديد. ويسمى الأصل (أو الأصول) الجديدة البديلة غالباً بالمتحديات.

2.9 أسباب تحليل الاستبدال

قد تنتج الحاجة إلى تقدير استبدال الموجودات أو سحبها أو توسيعها من تغير الحسابات الاقتصادية لاستخدامها ضمن بيئة عاملة. وتكمن وراء هذه التغيرات عدة أسباب متنوعة، وهي مشفوعة أحياناً، لسوء الحظ، بحقائق مالية مؤسفة. نسرد فيما يلي الأسباب الأربعة الرئيسية التـي تلخص معظم العوامل المؤثرة:

1. *العطب المادي (التردي)*: وهي التغيرات التـي تحدث في الظرف المادي للأصل ويؤدي عادة الاستخدام المتواصل (التقادم) إلى انخفاض مردود تشغيل الأصول. تزداد كلفة الصيانة الروتينية، وإصلاح الأعطال، ويرتفع استهلاكها للطاقة، وتشغل المزيد من وقت العامل، ونحو ذلك. وقد يطرأ حادث غير متوقع عليها، مثل الحوادث التـي تؤثر على حالة الأصول المادية، وشروط ملكيتها واستخدامها.
2. *المتطلبات المتغيرة*: تُستخدم أصول رأس المال لإنتاج سلع وخدمات تسد حاجة الإنسان. وعندما يزداد الطلب على سلعة أو خدمة معينة أو ينقص، أو يصغر تصميم السلعة أو الخدمة، قد تتأثر الحسابات الاقتصادية المتعلقة باستخدام تلك الأصول.
3. *التقانة*: يختلف تأثير تغيرات التقانة بين الأصول المتنوعة. فعلى سبيل المثال، تتأثر الكفاءة النسبية للمعدات الثقيلة لإنشاء الطرق العامة تأثراً أبطأ بالتجهيزات التقانية من تجهيزات التصنيع المؤتمتة. وفي الحالة العامة، تتأثر تكاليف وحدة الإنتاج، إضافة إلى تأثر جودها وعوامل أخرى، تأثراً إيجابياً بتغيرات التقانة التـي تؤدي إلى استبدال متكرر للأصول الحالية بأصول أحدث.
4. *التمويل*: ترتبط العوامل المالية بتغيرات الفرص الاقتصادية الخارجة عن التشغيل المادي أو استخدام الأصول، وقد ترتبط باعتبارات ضريبة الدخل[1]. فعلى سبيل المثال، قد يصبح استئجار الأصول أمراً أكثر جاذبية من اقتنائها.

يُشار إلى السبب 2 (المتطلبات المتغيرة) والسبب 3 (التقانة) أحياناً كأصناف مختلفة من "التقادم obsolescence". ويمكن أيضاً النظر إلى التغيرات الحالية (السبب 4) كأحد أشكال التقادم. ولكن قد تتطرق أي مسألة استبدال إلى أكثر من سبب واحد. وبقطع النظر عن الاعتبارات المحددة، وعلى الرغم من تخوف البعض من الاستبدال، تمثل تلك العملية غالباً فرصة اقتصادية للشركة.

وبهدف مناقشة دراسات الاستبدال، يمثل ما يلي تمييزاً بين الأنواع المختلفة للأصول النموذجية.

العمر الاقتصادي: هو المدة (السنوات) التـي تؤدي إلى الحد الأدنـى من الكلفة السنوية المنتظمة المكافئة EUAC لشراء أصل معين وتشغيله[2]. إذا افترضنا إدارة أصول جيدة، ينبغي أن تتطابق تكاليف العمر الاقتصادي مع المدة الممتدة من تاريخ الحصول على أصول إلى تاريخ التخلي عنها، أو اهتلاكها أو الاستعاضة عن خدماتها الأساسية المطلوبة.

عمر الاقتناء: وهو المدة بين تاريخ الحصول على الأصل وتاريخ التخلص منه للمالك المحدَّد. وقد يستخدم المالك أصلاً معيناً بطرق مختلفة خلال هذه المدة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تؤدي سيارة معينة دور سيارة العائلة الأساسية لسنوات عديدة، ثم تُستخدم فقط للنقل المحلي لسنوات أخرى.

---

[1] نشير في هذا الفصل غالباً إلى الفصل السادس بغية الاستزادة من التفاصيل المتعلقة بطرائق الاهتلاك وتحليل بعد الضرائب.

[2] تسمى أحياناً القيمة السنوية AW لأشكال التدفق النقدي التـي تغلب عليها التكاليف بالكلفة السنوية المنتظمة المكافئة (EUAC). ولما كان هذا المصطلح شائع الاستخدام في تعريف العمر الاقتصادي للأصول، فسنشير إليه غالباً بالرمز EUAC في هذا الفصل.

العمر الفيزيائي: وهو المدة بين الشراء الأولي للأصل، والتخلص النهائي منه بعد تعاقب مالكيه. فعلى سبيل المثال، قد يتعاقب على السيارة الموجودة سابقاً عدة مالكين أثناء حياتها.

العمر المجدي: وهو المدة (السنوات) التـــي يُحافظ خلالها على الأصل في حالة خدمة منتجة (كنظام أساسي أو رديف). وهو تقدير لمدة استخدام الأصل المتوقعة في التجارة أو الأعمال لتوليد الدخل.

3.9 العوامل الواجب أخذها في الحسبان في دراسات الاستبدال

يجب أخذ عدة عوامل في الحسبان في دراسات الاستبدال. فبعد تحديد منظور خاص لهذه العوامل، ثمة صعوبة نشهدها في إجراء دراسات الاستبدال. تناقش هذه الفقرة ستة عوامل ومفاهيم ذات صلة هي:

1. تعرّف أخطاء الماضي وقبولها.
2. التكاليف غير المتكررة **sunk costs**.
3. القيمة المالية للأصول ووجهة النظر الخارجية.
4. العمر الاقتصادي للأصل المقترح استبداله (الحل المتحدي).
5. العمر (الاقتصادي) المتبقي للأصل القديم (الحل المدافع).
6. اعتبارات ضريبة الدخل.

1.3.9 أخطاء التقدير الماضي

إن التركيز الاقتصادي لدراسة الاستبدال هو المستقبل. لذا لا تُعدّ أخطاء التقدير التـــي جرت في دراسة سابقة تتعلق بالمدافع، ذات دلالة (إلا إذا حدثت تأثيرات لضريبة الدخل عليها). فعلى سبيل المثال، عندما تكون القيمة الدفترية للأصول (BV) أكبر من قيمة السوق الحالية (MV)، يسمى الفرق عادة بخطأ التقدير. تنشأ مثل هذه "الأخطاء" أيضاً عندما تكون السعة غير ملائمة، أو نفقات الصيانة أعلى من القيمة المتوقعة ونحو ذلك.

إن هذا التأثير غير سار. ففي معظم الحالات، لا تنتج هذه الفروق عن الأخطاء بل تنجم عن عجز التنبؤ بحالات مستقبلية أفضل لحظة إجراء التقديرات. وقد يسهل قبول الوقائع الاقتصادية غير المؤاتية بطرح السؤال النظري التالي: "ما هي تكاليف المنافسين الذين ليس لهم أخطاء تقدير ماضية؟" وبكلمات أخرى، يجب أن نقرر: هل نرغب في العيش في الماضي، بأخطائه وخلافاته، أم نكون في وضع تنافسي مناسب للمستقبل؟ والرد الشائع هنا: "لا أستطيع تحمل الخسارة في قيمة الأصول الحالية التـــي ستنجم عن إجراء الاستبدال". والحقيقة أن الخسارة قد حدثت سلفاً، سواء تحملناها أم لم نتحملها، وهي موجودة في حال إجراء الاستبدال أم عدم إجرائه.

2.3.9 فخ التكاليف غير المتكررة

يجب أخذ التدفقات النقدية الحالية والمستقبلية فقط في دراسات الاستبدال. إذ تنتج القيم غير المستهلكة (أي، القيمة غير المخصصة لاستثمار رأس المال في الأصل) للأصل الحالي المستهدف في دراسة الاستبدال حصراً من القرارات الماضية - أي القرار الابتدائي للاستثمار في الموجودة - والقرارات المتعلقة بالطريقة وعدد السنوات المستخدمة لأغراض الاهتلاك. وفي إطار هذا الفصل، نعرّف الكلفة غير المتكررة بالفرق بين القيمة الدفترية BV للأصل وقيمته في السوق في لحظة معينة. ولا تشير التكاليف غير المتكررة إلى قرارات الاستبدال الواجب اتخاذها (ما عدا دلالتها على المدى الذي تؤثر به على

ضرائب الدخل). وعند أخذ ضرائب الدخل في الحسبان، ينبغي تضمين الكلفة غير المتكررة في دراسة الاقتصاد الهندسي.

3.3.9 قيمة الاستثمار في الأصول الحالية ووجهة النظر الخارجية

يقود إدراك الدلالة الواهية للقيمة الدفترية والتكاليف غير المتكررة إلى تحديد وجهة النظر المناسبة والواجب استخدامها في تقييم الأصول الراهنة في دراسات الاستبدال. ففي هذا الفصل، نستخدم ما يسمى "وجهة النظر الخارجية" لتقدير تقريبي لمبلغ الاستثمار في الأصل الحالي (الحل المدافع). وعلى الأخص، يُقصد بوجهة النظر الخارجية[3]، المنظور الذي يتبعه طرف ثالث محايد لإنشاء قيمة سوق عادلة للأصل المستخدم (المستعمل سابقاً). تجبر وجهة النظر هذه، المحلّل على التركيز في التدفقات النقدية الحالية والمستقبلية في دراسة الاستبدال، والحيلولة إذن دون ممارسة البقاء على تكاليف الماضي (أو التكاليف غير المتكررة).

إن قيمة السوق الممكن تحقيقها حالياً هي مبلغ الاستثمار الصحيح لرأس المال الواجب إنفاقه على أصل حالي في دراسات الاستبدال[4]. وتنص إحدى الطرق الجيدة لمعرفة صحة ذلك، على استخدام كلفة الفرصة البديلة أو مبدأ الفرصة المفقودة. أي إذا تقرر الحفاظ على موجودة حالية، فنحن نضيع فرصة للحصول على قيمة سوق صافية يمكن تحقيقها آنذاك. ويمثل ذلك كلفة الفرصة البديلة لبقاء الحل المدافع.

يُضاف إلى هذه المحاكمة أمر آخر: إذا وجب إنفاق أي استثمار جديد (مثل الترميم) لترقية الأصل الحالي بحيث يصبح منافساً في مستوى الخدمة مع الحل المتحدي، يجب إضافة ذلك المبلغ إلى قيمة السوق الحالية الممكن تحقيقها، لتحديد الاستثمار الكلي في الأصل الذي يدرس استبداله.

عند استخدام وجهة النظر الخارجية، يُقدر الاستثمار الكلي للمدافع بكلفة الفرصة البديلة لعدم بيع الأصل الحالي بقيمة السوق الراهنة، إضافة إلى كلفة الترقية لتصبح منافسة مع المتحدي الأفضل المتاح (يجب أخذ كافة المتحدين في الحسبان).

يتضح إذن ضرورة عدم إدعاء أن قيمة السوق MV تقلص استثمار رأس المال في المتحدي، لأن ذلك يؤدي إلى تقديم ميزة غير عادلة إلى المتحدي بسبب حساب سعر المبيع المدافع مرتين.

المثال 9-1

يبلغ ثمن شراء سيارة جديدة (الحل المتحدي)، يراد استخدامها في أعمال الشركة، القيمة 21,000 دولار. نستطيع بيع السيارة الحالية للشركة (المدافع) في السوق المفتوحة بسعر 10,000 دولار. لقد اشتري المدافع نقداً منذ 3 سنوات، وتبلغ قيمته الدفترية الحالية 12,000 دولار. ولجعل المدافع منافساً في خدمته المتواصلة للمتحدي، تحتاج الشركة إلى إجراء إصلاحات بكلفة تقدر بـــ 1,500 دولار.

اعتماداً على هذه المعلومات: (آ) ما هو استثمار رأس المال الكلي في المدافع باستخدام وجهة النظر الخارجية؟ (ب) ما هي القيمة غير المستهلكة للمدافع؟

---

[3] تُعرف وجهة النظر الخارجية أيضاً بمقاربة كلفة الفرصة البديلة لتحديد قيمة الحل المدافع.

[4] في دراسات الاستبدال بعد الضرائب، تُعدّل قيمة السوق قبل الضرائب بحسب تأثيرات ضريبة الدخل المتعلقة بالمكاسب المحتملة (أو الخسائر) المفقودة في حال بقاء المدافع في الخدمة.

الحل

(آ) إن استثمار رأس المال الكلي للمدافع (عند بقائه) هي قيمة السوق الراهنة (كلفة الفرصة) إضافة إلى كلفة ترقية السيارة لجعلها مماثلة في الخدمة للمتحدي. ولذا يصبح رأس المال الكلي المستثمَر في المدافع 10,000 + 1500 = $11,500 (من وجهة نظر خارجية). ويمثل ذلك نقطة انطلاق جيدة لتقدير كلفة الحفاظ على المدافع.

(ب) إن القيمة غير المستهلكة للمدافع هي الخسارة الدفترية (إن وجدت) المرافقة للتخلص منه. وبفرض أن المدافع سيباع بقيمة 1,0000 دولار، فإن القيمة غير المستهلكة (الخسارة) هي: 12,000− 10,000 = 2,000 $. وهذا هو الفرق بين قيمة السوق الحالية والقيمة الدفترية الحالية للمدافع. وكما نوقش في المقطع 2.3.9، يمثل هذا المبلغ كلفة غير متكررة، وهي لا تؤثر على قرار الاستبدال، باستثناء الحد الذي تؤثر فيه على ضرائب الدخل (ويُناقش ذلك في الفقرة 9.9).

4.3.9 العمر الاقتصادي للمتحدي

يقلص العمر الاقتصادي للأصول الكلفة السنوية المكافئة الموحدة للاقتناء والتشغيل إلى الحد الأدنى، وهو غالباً أقصر من العمر المجدي أو العمر الفيزيائي. ومن المفيد معرفة العمر الاقتصادي للمتحدي بهدف مقارنة الأعمار الاقتصادية (المثلى) للأصول الراهنة والجديدة. تُجدد المعطيات الاقتصادية المتعلقة بالمتحدي دورياً (وغالباً سنوياً)، وتُكرر بعدئذٍ دراسات الاستبدال لضمان التقدير المتواصل لفرص التحسين.

5.3.9 العمر الاقتصادي للمدافع

كما سنرى لاحقاً في هذا الفصل، فإن العمر الاقتصادي للمدافع عام واحد غالباً. ومن ثَمَّ، ينبغي الحذر عند مقارنة الأصل المتحدي بالأصل الحالي، بسبب الأعمار المختلفة المستخدمة في التحليل. وسنرى أن المدافع سيبقى مدة أطول من عمره الاقتصادي الظاهري، ما دامت كلفته الحدية marginal أقل من الحد الأدنـــى من الكلفة EUAC للمتحدي خلال عمره الاقتصادي. ما هي الفرضيات الواجب استخدامها عند مقارنة أصلين لهما عمران اقتصاديان ظاهريان مختلفان، علماً أن المدافع هو أصل غير مكرَّر؟ تُناقش هذه المفاهيم في الفقرة 7.9.

6.3.9 أهمية نتائج ضريبة الدخل

يؤدي غالباً استبدال الأصول إلى أرباح أو خسائر من بيع *الممتلكات المستهلكة*، كما نوقش في الفصل 6. ولذا، يجب إجراء الدراسات، عند توخي التحليل الاقتصادي الدقيق، على قاعدة بعد الضرائب. ومن البديهي أن للأرباح أو الخسائر الخاضعة للضرائب، والناجمة عن عملية الاستبدال، تأثيراً ملموساً على نتائج دراسة الاقتصاد الهندسي. يمكن تقليص الربح المأمول من التخلص من الأصول بنسبة 40% أو 50%، اعتماداً على المعدل الفعال لضريبة الدخل المستخدم في دراسة محددة. ولذا، فقد يتأثر قرار التخلي عن الأصل الحالي أو الحفاظ عليه باعتبارات ضريبة الدخل.

4.9 مسائل الاستبدال النموذجية

تُستخدم حالات الاستبدال النموذجية التالية لتوضيح عدة عوامل، يجب أخذها في حسبان دراسات الاستبدال. تستخدم هذه التحاليل وجهة النظر الخارجية لتحديد الاستثمار في الأصول المدافعة.

المثال 9-2

تملك شركـــة معينة وعاء ضغط يُدرس استبداله. يحتاج الوعاء القديم إلى نفقات تشغيل وصيانة سنوية قدرها 60,000 دولار سنوياً، ويمكن الحفاظ عليه مدة 5 سنوات إضافية، وبعدئذٍ ستكون قيمته السوقية معدومة. ويُعتقد بإمكانية الحصول على سعر يصل إلى 30,000 دولار للوعاء القديم إذا بيع الآن.

يمكن شراء وعاء ضغط جديد بسعر 120,000 دولار. وسيكون لوعاء الضغط الجديد قيمة سوقية قدرها 50,000 دولار بعد 5 سنوات، وهو يتطلب نفقات تشغيل وصيانة قدرها 30,000 دولار سنوياً. حدِّد، بافتراض أن معدل العائد المجزي الأدنـــى الجذاب MARR قبل الضرائب هو 20% سنوياً، ضرورة استبدال الوعاء القديم أم الحفاظ عليه. ومن المناسب هنا، اعتماد 5 سنوات للدراسة.

الحل

تنص الخطوة الأولى في التحليل على تحديد قيمة الاستثمار في الأصل المدافع (وعاء الضغط القديم). باستخدام وجهة النظر الخارجية، تبلغ قيمة الاستثمار في المدافع 30,000 دولار، وهي قيمته السوقية. يمكن الآن حساب القيمة الحالية PW (أو القيمة FW أو AW) لكل من الحلول البديلة وإقرار الحفاظ على الوعاء القديم أو الاستعاضة عنه فوراً.

المدافع: $PW(20\%) = -\$30{,}000 - \$60{,}000(P/A, 20\%, 5)$

$= -\$209{,}436$

المتحدي: $PW(20\%) = -\$120{,}000 - \$30{,}000(P/A, 20\%, 5) + \$50{,}000(P/F, 20\%, 5)$

$= -\$189{,}623.$

إن القيمة الـــحالية للمتحدي أكبر (أقل سلبية) من القيمة الحالية للمدافع. ولذا، ينبغي استبدال الوعاء القديم فوراً (إن الكلفة EUAC للمدافع هي 70,035 دولار، وللمتحدي هي 63,410 دولار).

المثال 9-3

يقلق مدير منشأة لتصنيع السجاد من عمل مضخة حرجة في إحدى العمليات. فبعد مناقشـــة هذه الحالة مع المشرف على المنشأة الهندسية، قررا ضرورة إجراء دراسة استبدال، وأن تكون المدة المدروسة هي 9 سنوات لهذه الحالة. تستخدم الشركة المالكة للمضخة قيمة للمعدل MARR قبل الضرائب قدرها 10% سنوياً في مشاريعها الاستثمارية.

تتضمن للمضخة الحالية، وهي المضخة A، محرك قيادة ذا تحكم مكامل معه، وكان ثمنها 17,000 دولار قبل 5 سنوات. يمكن الحصول على القيمة السوقية البالغة 750 دولار للمضخة إذا بيعت الآن. وتعانـــي المضخة A من بعض مشكلات الموثوقية، وهي تتطلب الاستبدال السنوي للمحرِّض والقواعد الحاملة بكلفة 1,750 دولار، وتبلغ نفقات التشغيل والصيانة مقدار 3,250 دولار. وتبلغ قيمة التأمينات السنوية ونفقات الضرائب على الممتلكات نسبة 2% من الاستثمار الابتدائي لرأس المال. ويبدو أن المضخة ستقدم خدمة مناسبة لتسع سنوات إضافية إذا استمرت ممارسة الإصلاح والصيانة الحالية. ويُقدَّر، إذا استمرت المضخة في الخدمة، أن تصل قيمتها السوقية بعد 9 سنوات إلى 200 دولار.

وثمة حل بديل للحفاظ على المضخة الحالية في الخدمة، ينص على بيعها فوراً وشراء مضخة جديدة، وهي المضخة B وثمنها 16,000 دولار. وتُقدَّر قيمة السوق في نهاية السنوات التسع بنسبة 20% من استثمار رأس المال الابتدائي. وتصل

نفقات الصيانة والتشغيل للمضخة الجديدة إلى 3,000 دولار سنوياً. وتمثل الضرائب والتأمينات السنوية نسبة 2% من استثمار رأس المال الابتدائي. ويلخص (الجدول 1.9) معطيات المثال 9-3.

اعتماداً على هذه المعطيات، هل ينبغي الحفاظ على المدافع (المضخة A) (وعدم شراء المضخة B) أم يجب شراء المضخة المتحدية فوراً (وبيع المضخة المدافعة)؟ استخدم تحليلاً قبل الضرائب ووجهة نظر خارجية في التقدير.

الجدول 1.9: ملخص معلومات المثال 9-3

المعدل MARR (قبل الضرائب) = 10% سنوياً		
المضخة الحالية A (المدافعة)		
استثمار رأس المال عند شرائها قبل 5 سنوات		$17,000
النفقات السنوية		
استبدال المحرّض والقواعد الحاملة	$1,750	
التشغيل والصيانة	3,250	
الضرائب والتأمينات: 0.02 × 17,000	340	
النفقات السنوية الكلية		$5,340
القيمة، السوقية الحالية		$750
القيمة السوقية المقدّرة في نهاية السنوات التسع		$200
المضخة البديلة B (المتحدية)		
استثمار رأس المال		$16,000
النفقات السنوية		
التشغيل والصيانة	$3,000	
الضرائب والتأمينات: 0.02 ×16,000	320	
النفقات السنوية الكلية		$3,320
القيمة السوقية المقدّرة في نهاية السنوات التسع: 0.2 × 16,000		$3,200

الحل

ينبغي عند تحليل المدافع والمتحدي تعرّف مبلغ الاستثمار في المضخة الحالية تعرفاً صحيحاً. واعتماداً على وجهة النظر الخارجية، تُقدّر القيمة السوقية لها بمبلغ 750 دولار، وهي كلفة الفرصة للحفاظ على المدافع. ونلاحظ أن مبلغ الاستثمار في المضخة *A* يغفل سعر الشراء الأصلي البالغ 17,000 دولار. وباستخدام المبادئ المناقشة إلى الآن، يمكن إجراء تحليل قبل الضرائب للكلفة EUAC المتعلقة بالمضخة *A* و*B*.

يُعطى حل المثال 9-3 باستخدام الكلفة EUAC (قبل الضرائب) كمعيار للقرار، على النحو الآتـي:

مدة الدراسة = 9 سنوات	الحفاظ على المضخة القديمة *A*	الاستعاضة عنها بالمضخة *B*
الكلفة EUAC (10%)		
النفقات السنوية	$5,340	$3,320
كلفة تغطية رأس المال (المعادلة 4-7)		
[($750-$200)(*A* / *P*, 10%, 9) + $200(0.10)]	115	
[($16,000-$3,200)(*A* / *P*, 10%, 9) + $3,200(0.10)]		2,542
القيمة الإجمالية EUAC (10%)	$5,455	$5,862

ولما كانت الكلفة EUAC للمضخة A أصغر ($5,455 > $5,862)، فإن استبدال المضخة غير مبرر وضوحاً، وينبغي الحفاظ على المدافع مدة عام واحد على الأقل. يمكننا أيضاً إجراء التحليل باســـتخدام طرائق أخرى (مثل القيمة الحاليـــة PW) وسنحصل على القرار ذاته.

5.9 تحديد العمر الاقتصادي للأصول الجديدة (المتحدية)

في الحياة العملية، تصعب أحياناً معرفة العمر المجدي للمدافع المتحدي، بل يتعذر تقديره. وقد يُمدّد وقت الحفاظ على الأصول في حالة الخدمة تمديداً غير منته، بالصيانة المناسبة، والأفعال الأخرى، وقد يتعرض الأصل للخطر فجأة بسبب عامل خارجي كالتغير التقانـــي. وفي هذه الحالة، من المهم معرفة *العمر الاقتصادي والكلفة الدنيا EUAC، والتكاليف الكلية (الحدية) سنة فسنة* لأفضل الحلول المتحدية وللمدافع، بحيث يمكن مقارنتها اعتماداً على تقرير عمرها الاقتصادي، والتكاليف الأنسب لكل منها.

عُرِّف العمر الاقتصادي للأصول في الفقرة 2.9، بالمدة التـــي تؤدي إلى الحد الأدنى من الكلفة EUAC لتشغيل الوحدات وصيانتها. ويسمى العمر الاقتصادي في بعض الأحيان بالعمر ذي الكلفة الدنيا أو بمجال الاستبدال الأمثل. ويمكن، في حالة الأصول الجديدة، حساب الكلفة EUAC إذا كان من الممكن معرفة أو تقدير استثمار رأس المال والنفقات السنوية والقيم السوقية سنة فسنة. وقد تثبط الصعوبة الظاهرة لتقدير هذه القيم عملياً حساب العمر الاقتصادي والكلفة المكافئة. ولكن، تُصادف صعوبات مماثلة في معظم دراسات الاقتصاد الهندسي عند تقدير النتائج الاقتصادية المستقبلية للأفعال البديلة. ولذا، فلا يتفرد تحليل الاستبدال بمشكلات التقدير، ومن الممكن تجاوزها في معظم الدراسات التطبيقية.

يمكن استخدام الاستثمار المقدّر في رأس المال، إضافة إلى تقديرات النفقات السنوية والقيم السوقية، في تحديد القيمة الحالية للنفقات الكلية للسنة k، أي PW_k. ويجري ذلك اعتماداً على قاعدة قبل الضرائب.

$$PW_k\ (i\%) = I - MV_k\ (P/F, i\%, k) + \sum_{j=1}^{k} E_j\ (P/F, i\%, j) \qquad (1.9)$$

ويمثل ذلك مجموع الاستثمار الابتدائي في رأس المال I (القيمة الحالية لمبلغ الاستثمار الابتدائي في حال حدوثه بعد الزمن 0) المسوّى بالقيمة الحالية لقيمة السوق MV في نهاية العام k، والقيمة الحالية للنفقات السنوية (Ej) في السنة k. تُحسب الكلفة الحدية الكلية لكل عام k، TC_k باستخدام المعادلة (1.9)، بإيجاد مقدار زيادة القيمة الحالية للكلفة الكلية من العام $k - 1$ إلى العام k، ثم تحديد القيمة المكافئة للزيادة في نهاية العام k. أي: $TC_k = (PW_k - PW_{k-1})\ (F/P, i\%, k)$

يؤدي التبسيط الجبري لهذه العلاقة إلى الصيغة التالية:

$$TC_k\ (i\%) = MV_{k-1} - MV_k + iMV_{k-1} + E_k \qquad (2.9)$$

وهي تمثل مجموع الخسارة في قيمة السوق خلال عام الخدمة وكلفة الفرصة لرأس المال المستثمَر في الأصول في بداية العام k، والنفقات السنوية خلال العام k(E_k). تُستخدم هذه التكاليف الحدية الكلية (سنة فسنة) المعتمدة على المعادلة (2.9)، بعدئذ في حساب الكلفة EUAC لكل عام قبل العام k ومعه. تحدد القيمة الدنيا للكلفة $EUAC_k$ خلال العمر المجدي للأصول عمرها الاقتصادي: N_C*. ويُوضح هذا الإجراء في المثال 9-4.

المثال 4-9

تحتاج رافعة شوكية جديدة إلى استثمار مبلغ 20,000 دولار، ويُتوقع أن يكون لها القيم السوقية لنهاية العام، والنفقات السنوية المبينة في العمودين 2 و5 على التوالي من (الجدول 2.9). إذا كانت قيمة المعدل MARR قبل الضرائب 10% سنوياً، ما هي المدة الواجب خلالها الاحتفاظ بالأصول في حالة الخدمة؟

الجدول 2.9: تحديد العمر الاقتصادي N^* للأصول الجديدة (المثال 4-9).

(1) نهاية العام k	(2) القيمة السوقية في نهاية العام k	(3) الخسارة في القيمة السوقية خلال العام k	(4) كلفة رأس المال = 10% في بداية العام MV	(5) النفقات السنوية (E_k)	(6) الكلفة السنوية (TC_k) (5) + (4) + (3)	(7) الكلفة EUAC[a] في العام k	
0	$20,00	–	–	–	–	–	
1	15,000	$5,000	$2,000	$2,000	$9,000	$9,000	
2	11,250	3,750	1,500	3,000	8,250	8,643	
3	8,500	2,750	1,125	4,620	8,495	8,598	($N_C^* = 3$)
4	6,500	2,000	850	8,000	10,850	9,084	
5	4,750	1,750	650	12,000	14,400	9,954	

[a] $\text{EUAC}_k = \left[\sum_{j=1}^{k} \text{TC}_j \ (P/F, 10\%, j)\right](A/P, 10\%, k)$

الحل

نحصل على حل المسألة بإكمال الأعمدة 3 و4 و6 (المعادلة 2.9) و7 في (الجدول 2.9). في هذا الحل، يُفترض حدوث كل التدفقات النقدية المألوفة في نهاية العام. وتكون الخسارة في القيمة السوقية خلال العام k ببساطة الفرق بين القيمة السوقية في بداية العام MV_{k-1} والقيمة السوقية في نهاية العام MV_k. تُقدّر كلفة الفرصة في رأس المال خلال العام k بقيمة 10% من رأس المال غير المسترجع (أي المستثمَر الأصول) في بداية كل عام. تمثل قيم العمود 7 التكاليف السنوية الموحدة المكافئة الممكن حدوثها في كل عام (من 1 إلى k) إذا بقيت الأصول في الخدمة حتى العام k، ثم جرى استبدالها (أو التخلي عنها) في نهاية العام. وتمثل القيمة الدنيا للكلفة EUAC في نهاية العام العمر الاقتصادي N_C^*.

ويتضح من القيم المبينة في العمود 7 أن للرافعة الشوكية الجديدة قيمة دنيا للكلفة EUAC إذا ظلت في الخدمة مدة 3 سنوات فقط (أي $N_C^* = 3$).

تهدف المقاربة الحسابية في المثال السابق، كما هو مبين في (الجدول 2.9)، إلى تحديد الكلفة الحدية الكلية لكل عام وإلى تحويلها إلى كلفة EUAC حتى العام k. يمكن أيضاً حساب الكلفة EUAC قبل الضرائب لأي مدة، باستخدام صيغ استرجاع رأس المال الأكثر شيوعاً، والمذكورة في الفصل 4. فعلى سبيل المثال، من أجل عمر مقداره سنتان، يمكن حساب الكلفة EUAC بمساعدة المعادلة 5.4 كما يلي:

$$\begin{aligned}\text{EUAC}_2(10\%) &= \$20,000(A/P, 10\%, 2) - \$11,250(A/F, 10\%, 2) \\ &\quad + [\$2,000(P/F, 10\%, 1) + \$3,000(P/F, 10\%, 2)]\,(A/P, 10\%, 2) \\ &= \$8,643\end{aligned}$$

ويتفق ذلك مع السطر المقابل في العمود 7 من (الجدول 2.9).

6.9 تحديد العمر الاقتصادي للمدافع

في تحاليل الاستبدال، ينبغي أيضاً تحديد العمر الاقتصادي (N_D^*) الأكثر تفضيلاً للمدافع. ويقدم لنا ذلك فرصة الاحتفاظ بالمدافع مادامت الكلفة EUAC عند N_D^* أقل من الكلفة الدنيا EUAC للمدافع. وعندما يتطلب الأمر إنفاق مبلغ كبير على تغيير المدافع أو ترميمه، فإن العمر الذي يقدم القيمة الدنيا للكلفة EUAC هو غالباً المدة المنقضية قبل الحاجة إلى إجراء تعديل أو ترميم رئيسي آخر على المدافع. وبكلمات أخرى، عندما لا توجد أي قيمة سوقية للمدافع في الوقت الحالي أو التالي (ولا تتوفر نفقات للتعديل أو الترميم)، وعندما يُتوقع زيادة نفقات تشغيل المدافع سنوياً، فإن العمر المتبقي الذي يؤدي إلى القيمة الدنيا للكلفة EUAC هو عام واحد.

عندما تكون القيمة السوقية أكبر من الصفر، ومن المتوقع انخفاضها من عام إلى آخر، فمن الضروري حساب العمر الاقتصادي المتبقي ظاهرياً، والذي يحدث بالطريقة ذاتها المذكورة في المثال 9-4 للموجودات الجديدة. تؤخذ، باستخدام وجهة النظر الخارجية، قيمة الاستثمار في الحل المدافع كالقيمة السوقية الحالية الممكن تحقيقها.

بقطع النظر عن طريقة تحديد العمر الاقتصادي المتبقي للمدافع، لا يعنـي قرار إبقاء الحل المدافع الاحتفاظ به خلال تلك المدة فقط. وفي الحقيقة، يجب الحفاظ على المدافع مدة أطول من العمر الاقتصادي الظاهر، مادامت الكلفة الحدية (وهي الكلفة لسنة خدمة إضافية) أقل من الكلفة الدنيا EUAC لأفضل الحلول المتحدية.

يُوضح هذا المبدأ المهم في تحليل الاستبدال في المثال 9-5.

المثال 9-5

نرغب في تحديد مدة الاحتفاظ برافعة شوكية في الخدمة قبل الاستعاضة عنها برافعة جديدة (متحدية). تُعطى معلوماتها في المثال 9-4 و(الجدول 2.9). لقد تم شراء الحل المدافع في هذه الحالة قبل عامين، بكلفة ابتدائية 13,000 دولار، وله قيمة سوقية حالية قدرها 5,000 دولار. ويُتوقع، في حال الاحتفاظ بالمدافع، أن تكون النفقات السنوية والقيم السوقية كما يلي:

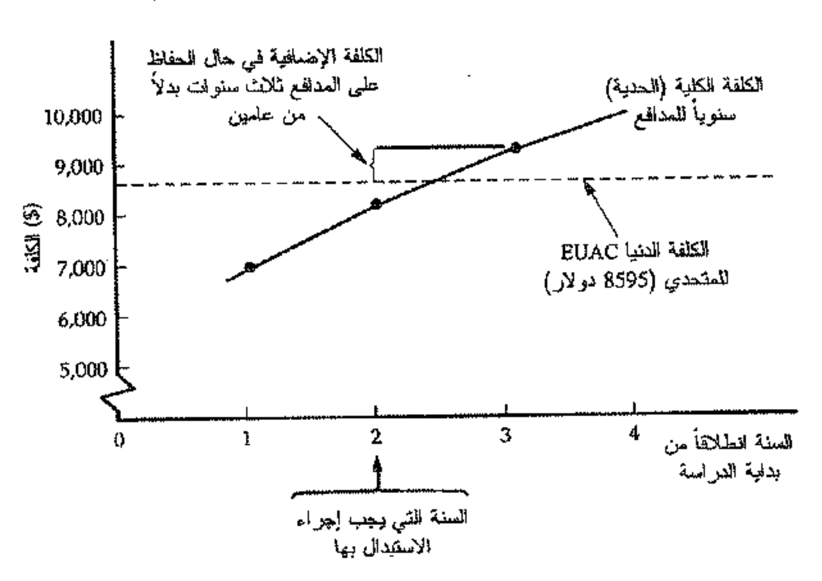
نهاية العام k	القيمة السوقية بنهاية العام k	النفقات السنوية E_k
1	$4,000	$5,500
2	3,000	6,600
3	2,000	7,800
4	1,000	8,800

حدّد مدة الاحتفاظ بالمدافع التـي تحقق الاقتصاد الأكبر، قبل الاستعاضة عنه (إن لزم ذلك) بالمتحدي الحالي المذكور في المثال 9-4. إن كلفة رأس المال قبل الضرائب (MARR) هي 10% سنوياً.

الحل

يبين (الجدول 3.9) حساب الكلفة الكلية لكل عام (الكلفة الحدية) والكلفة EUAC في نهاية العام للمدافع، اعتماداً على الصيغة المستعملة في (الجدول 2.9). نلاحظ أن القيمة الدنيا للكلفة EUAC، وهي 7,000 دولار، تقابل الحفاظ على

المدافع لأكثر من عام واحد. ولكن الكلفة الحدية للحفاظ على الرافعة خلال العام الثانـــي هي 8,000 دولار، وهي ما تزال أقل من القيمة الدنيا للكلفة EUAC للمتحدي (أي 8,598 دولار من المثال 9-4).



الشكل 1.9: الرافعات الشوكية المدافعة مقابل الرافعات المتحدية (بالاعتماد على المثالين 9-4 و9-5)

إن الكلفة الحديـــة للحفاظ على الحل المدافع خلال العام الثالث وما بعد، أكبر من القيمة الدنيا للكلفة EUAC البالغة 8,598 دولار للمتحدي. واعـــتماداً على المعطيات المتاحة، يبدو أن الحفاظ على المدافع لعامين آخرين ثم الاستعاضة عنه بالحل المتحدي أمر اقتصادي. تُبين هذه الحالة بيانياً في (الشكل 1.9).

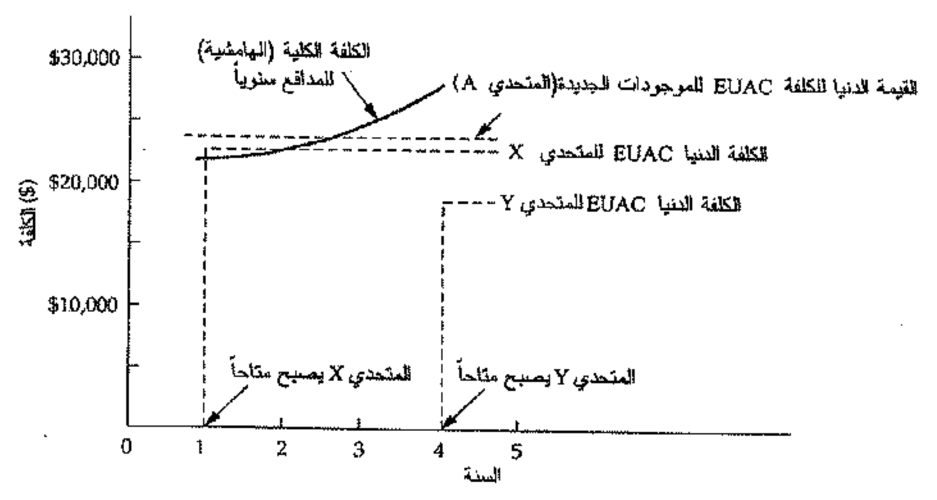
يفترض المثال 9-5 إجراء مقارنة بين أفضل الحلول البديلة المتحدية. وفي هذه الحالة، إذا احتُفظ بالمدافع مدة تفوق النقطة التـــي تتجاوز فيها كلفتُه الحدية القيمةَ الدنيا للكلفة EUAC للمتحدي، تستمر فروق التكاليف بالنمو ويصبح الاستبدال أمراً أكثر إلحاحاً. يُوضح ذلك في الجهة اليمنـــى من التقاطع في (الشكل 1.9).

الجدول 3.9: **تحديد العمر الاقتصادي N^* للأصول القديمة (المثال 9-5).**

(1) نهاية العام k	(2) القيمة السوقية في نهاية العام k	(3) الخسارة في القيمة السوقية خلال العام k	(4) كلفة رأس المال = 10% في MV بداية العام	(5) النفقات السنوية E_k	(6) الكلفة الهامشية الكلية للسنة $[=(3)+(4)+(5)]$ (TC_k)	(7) الكلفة EUAC[a] حتى العام k	
0	$5,000	–	–	–	–	–	
1	4,000	$1,000	$500	$5,500	$7,000	$7,000	$(N_D^* = 1)$
2	3,000	1,000	400	6,600	8,000	7,476	
3	2,000	1,000	300	7,800	9,100	7,966	
4	1,000	1,000	200	8,800	10,000	8,405	

$$\text{EUAC}_k = \left[\sum_{j=1}^{k} \text{TC}_j \,(P/F, 10\%, j)\right](A/P, 10\%, k)\ ^{a}$$

يوضح (الشكل 2.9) تأثير الحلول المتحدية المحسَّنة في المستقبل. فإذا أصبح الحل المتحدي المحسَّن X متاحاً قبل الاستعاضة بالأصول الجديدة المبينة في (الشكل 1.9)، يجب عندئذ إجراء دراسة استبدال جديدة لتأخذ في الحسبان الحل المتحدي المحسَّن. إذا توفرت إمكانية حل متحدٍّ أكثر تقدماً، وليكن الحل Y، بعد 4 سنوات، فقد يظل من الأفضل تأجيل الاستبدال إلى أن يصبح الحل المتحدي متاحاً. وعلى الرغم من أن كلفة الاحتفاظ بالأصول القديمة بعد تغييرها بحل متحد أفضل تزداد مع الزمن، فإن كلفة الانتظار، في بعض الحالات، قد تكون مجدية، إذا سمحت بشراء أصول محسّنة تحقق اقتصاداً يغطي كلفة الانتظار. وبالطبع، قد يؤدي حل تأجيل الاستبدال أيضاً إلى "شراء الوقت والمعلومات". ولما كانت التغييرات التقانية تميل إلى المفاجأة والتأثير الكبير، بدلاً من حدوثها تدريجياً وبانتظام، فقد تبزغ الحلول المتحدية الجديدة ذات السمات المحسنة فعلاً بزوغاً مفاجئاً وتغير مخططات الاستبدال تغييراً مؤثراً.



الشكل 2.9: تكاليف الأصول القديمة مقابل الأصول الجديدة مع الحلول المتحدية المحسَّنة، التي تصبح متاحة مستقبلاً

عندما لا يشار إلى الاستبدال في دراسة الاقتصاد الهندسي، فقد تتوفر معلومات إضافية قبل التحليل الجديد للمدافع. ولذا، يجب أن تتضمن الدراسة القادمة معلومات إضافية. كما ينبغي أن يعني التأجيل عموماً إرجاء قرار لحظة الاستبدال، وألا يعني إقرار إرجاء الاستبدال حتى تاريخ مستقبلي معين.

7.9 مقارنات في حالة اختلاف العمر المجدي للمدافع عن المتحدي

في الفقرة 4.9، ناقشنا حالة استبدال نموذجية، يُعرّف فيها العمر المجدي للمدافع والمتحدي، وهما متساويان، ويساويان مدة الدراسة. وعندما تظهر مثل هذه الحالة، يمكن تطبيق أي طريقة تحليل تطبيقاً مناسباً.

في الفقرتين السابقتين (الفقرة 9-5 و9-6)، ناقشنا العمر الاقتصادي للأصول الجديدة والمدافعة، وبيّنا استخدام هذه النتائج في تحليل الاستبدال عندما يكون العمر المجدي للأصول معروفاً أو غير معروف.

وتحدث حالة أخرى عند معرفة العمر المجدي لأفضل الحلول المتحدية وللمدافع، أو يمكن تقديرهما، ولكنهما مختلفان. تقارن هذه الفقرة المدافع بالمتحدي في ظل تلك الظروف.

توصف في الفصل الخامس فرضيتان تُستخدمان في المقارنات الاقتصادية للحلول البديلة، وهي تتضمن اختلاف العمر المجدي للأصول. (1) *التكرارية*. (2) *الحدود المشتركة*. وفي ظل هاتين الفرضيتين، تُستخدم مدة التحليل ذاتها في كل الحلول البديلة للدراسة. ولكن تتضمن فرضية التكرارية شرطين أساسيين:

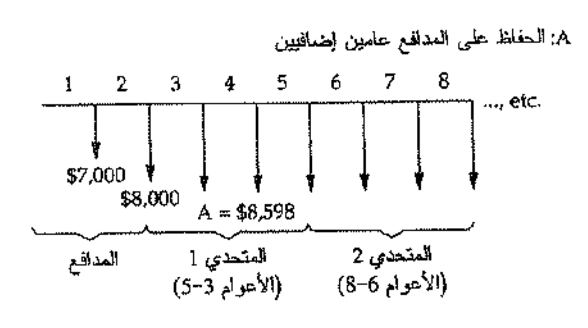
1. إن مدة الخدمة اللازمة لأي من الحلول البديلة المقارنة غير منتهية أو تساوي أحد المضاعفات المشتركة للعمر المجدي للحلول البديلة.

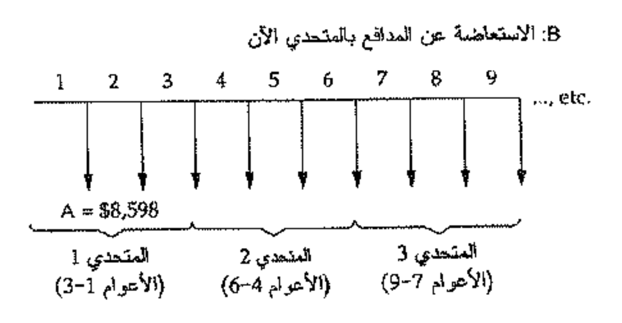
2. إن ما يُقدّر حدوثه في امتداد العمر المجدي الأول، سيحدث في كل الأعمار المجدية اللاحقة، إن حدث، لكل حل بديل.

وفي حالة تحليل الاستبدال، قد يكون الشرط الأول مقبولاً، ولكن الشرط الثانـــي غير معقول بالنسبة للمدافع. فالمدافع يمثل معدّات مستعملة وقديمة. وإن لأي استبدال مماثل، إن وجد، كلفة محددة تضاف إلى القيمة السوقية الحالية للمدافع.

يمكن تخطي الإخفاق في تحقيق الشرط الثانـــي إذا افتُرض أن المدة اللازمة للخدمة طويلة وغير منتهية، وإذا أدركنا أن هدف التحليل هو تحديد أن الوقت الراهن مناسب لاستبدال المدافع. وعند استبدال المدافع، الآن أو في المستقبل القريب، فإن البديل هو المتحدي – أي أفضل الحلول المتاحة في الاستبدال.

يستخدم المثال 9-5، الذي يتضمن تحليلاً قبل الضرائب للمدافع مقابل الرافعات الشوكية المتحدية، فرضية التكرارية استخداماً ضمنياً. أي افتُرض أن للمتحدي الخاص، المذكور في (الجدول 2.9)، القيمة الدنيا للكلفة EUAC والبالغة 8,598 دولار، بقطع النظر عن لحظة استبدال المدافع. يبين (الشكل 3.9) المخططات الزمنية لنتائج الحفاظ على المدافع مدة عامين إضافيين على الكلفة، مقارنة بالاستعاضة عنه بالحل المتحدي الآن، وتكرار تكاليف المتحدي في المستقبل غير المنتهي. ونذكر هنا أن العمر الاقتصادي للمتحدي هو 3 سنوات. ويمكن أن نرى في (الشكل 3.9) أن الفرق الوحيد بين الحلول البديلة يقع في العامين الأول والثانـــي.





الشكل 3.9: تأثير فرضية التكرار المطبقة على الحلول البديلة للمثال 9-5.

تبسط فرضية التكرارية غالباً، المطبقة على مسائل الاستبدال، والتـــي تتناول أصول ذات أعمار اقتصادية ومجدية مختلفة، المقارنة الاقتصادية للحلول البديلة. فعلى سبيل المثال، تؤكد مقارنة القيم الحالية للحلول البديلة في (الشكل 3.9)،

خلال مدة تحليل غير منتهية (يمكن العودة إلى حساب القيمة الرأسمالية في الفصل 5) الجواب السابق للمثال 9-5، والذي ينص على تفضيل الحل A (أي الحفاظ على المدافع مدة عامين إضافيين) على الحل B (الاستعاضة عنه بالمتحدي الآن). ونكتب باستخدام قيمة للمعدل MARR قدرها 10% سنوياً ما يلي:

$$\text{PW}_A\ (10\%) = -\$7{,}000(P/F, 10\%, 1) - \$8{,}000(P/F, 10\%, 2) - \frac{\$8{,}598}{0.10}(P/F, 10\%, 2)$$
$$= -\$84{,}029;$$
$$\text{PW}_B(10\%) = -\frac{\$8{,}598}{0.10} = -\$85{,}980.$$

إن الفرق (PW_B- PW_A) هو $1,951 وهذا ما يؤكد أن الكلفة الإضافية خلال العامين القادمين، غير مبررة، وأن من الأفضل الاحتفاظ بالمدافع عامين إضافيين قبل الاستعاضة عنه بالمتحدي.

يمكن استخدام فرضية الحدود المشتركة، في كل حالة لا تُطبق عليها فرضية التكرار؛ فهي تتطلب استخدام مدة محددة لدراسة كل الحلول البديلة. وكما هو مذكور في الفصل 5، يتطلب استخدام فرضية الحدود المشتركة تفصيل نوع التدفقات النقدية ولحظة حدوثها، لكل حل بديل، ثم تحديد الحل الأكثر اقتصاداً باستخدام طرائق التحليل الاقتصادية الصحيحة. وعندما يتطلب الأمر أخذ تغيرات الأسعار والضرائب في حسبان دراسات الاستبدال، يُنصح بتطبيق فرضية الحدود المشتركة.

المثال 9-6

لنفترض أننا نواجه مسألة الاستبدال ذاتها في المثال 9-5، ولكن مدة الخدمة اللازمة هي: (آ) 3سنوات، (ب)4 سنوات. أي تُستخدم هنا مدة تحليل منتهية، وفرضية الحدود المشتركة. ما هو الحل البديل الواجب انتقاؤه في كل حالة؟

الجدول 9.4: تحديد لحظة الاستعاضة عن المدافع من أجل تخطيط يمتد على 4 سنوات (المثال 9-6، الجواب "ب")

الحفاظ على المدافع لمدة	الحفاظ على المتحدي المدة	التكاليف الكلية (الهامشية) لكل عام 1	2	3	4	الكلفة EUAC من أجل نسبة 10% لمدة 4 أعوام	
0	4 سنوات	$9,000[a]	$8,250[a]	$8,495[a]	$10,850[a]	$9,084	
1	3	7,000	9,000	8,250	8,495	8,140	
2	2	7,000	8,000	9,000	8,250	8,005	← الحل البديل
3	1	7,000	8,000	9,100	9,000	8,190	ذو الكلفة
4	0	7,000[b]	8,000[b]	9,100[b]	10,000[b]	8,405	الأخفض

a العمود السادس من الجدول 9.2.

b العمود السادس من الجدول 9.3.

الحل

(آ) قد نظن حدساً، في تخطيط يمتد على 3 سنوات، أن من الواجب الاحتفاظ بالمدافع ثلاث سنوات أو استبداله فوراً بحل متحد ليخدم خلال السنوات الثلاث المقبلة. ونجد، من (الجدول 9.3)، أن الكلفة EUAC للمدافع لثلاث سنوات هي

7,966 دولار. ومن (الجدول 2.9)، نجد أن الكلفة EUAC للمتحدي خلال 3 سنوات هي 8,598 دولار. وباتباع هذه المحاكمة، ينبغي إذن الحفاظ على المدافع مدة 3 سنوات. ولكن ذلك ليس صحيحاً تماماً. فبالتركيز على أعمدة الكلفة الكلية (الحدية) لكل سنة، نجد أن للمدافع كلفة أقل في السنة الأولى والثانية، ولكن في السنة الثالثة، ترتفع الكلفة إلى 9,100 دولار، وتكون الكلفة الموحدة EUAC لسنة خدمة واحدة للمتحدي هي 9000 دولار فقط. ولذا، فالحل الاقتصادي هو استبدال المدافع بعد السنة الثانية. ويمكن تأكيد هذه النتيجة بترتيب كل إمكانات الاستبدال، وحسب تكاليفها المقابلة، ثم حساب الكلفة الموحدة EUAC لكل منها، كما سنفعل في الجواب (4) عند امتداد التخطيط على 4 سنوات.

(ب) من أجل أفق تخطيط يمتد على 4 سنوات، تُعطى الحلول البديلة وتكاليفها لكل عام، والكلفة EUAC لها في (الجدول 4.9.) ولذا، فإن الحل البديل الأوفر اقتصادياً هو الاحتفاظ بالمدافع مدة عامين ثم الاستعاضة عنه بالمتحدي، والحفاظ عليه لعامين آخرين. يماثل قرار الحفاظ على المدافع مدة عامين ذلك القرار المرافق لتطبيق فرضية التكرار، والتي لا تصح عموماً بالطبع.

عندما يُدرس في تحليل الاستبدال حل مدافع لا يمكن ضمان استمراره في الخدمة بسبب تغير التقانة ومتطلبات الخدمة ونحو ذلك، ينبغي اختبار حل من حلين متحدِّيين أو أكثر. وفي ظل هذه الحالة، قد تكون فرضية التكرار مقاربة نمذجة اقتصادية ملائمة لمقارنة الحلول البديلة واتخاذ القرار حالياً. ونلاحظ أن مسألة الاستبدال، عندما لا يمثل المدافع حلاً ممكناً، لا تختلف عن أي تحليل آخر يشمل عدة حلول بديلة استبعادية.

8.9 الخروج من الخدمة دون الاستبدال (التخلي)

لنأخذ مشروعاً ذا مدة خدمة منتهية، وتحدث فيه تدفقات نقدية صافية موجبة، بعد الاستثمار الابتدائي لرأس المال. تُقدَّر القيم السوقية، أو قيم التخلي، في نهاية كل عام متبقٍ في عمر المشروع. ومن حيث كلفة الفرصة (MARR) للنسبة i% سنوياً، هل ينبغي إجراء المشروع؟ بفرض إقرار تنفيذ المشروع، ما هو العام الأفضل للتخلي عنه؟ وبكلمات أخرى ما هو "العمر الاقتصادي" لهذا المشروع؟

تُطبَّق، في هذا النوع من المسائل، الفرضيات التالية:

1. بعد الاستثمار في رأس المال، ترغب الشركة في تأجيل قرار التخلي عن المشروع، ما دامت قيمته الحالية (PW) غير متناقصة.
2. ينهي المشروع الحالي في أفضل وقت للتخلي عنه، ولن تستعيض عنه الشركة.

يماثل حل مسألة التخلي تحديدَ العمر الاقتصادي للأصول. ولكن في مسائل التخلي، تتوفر منافع سنوية (تدفقات دخل نقدية)، وتهيمن على تحليل العمر الاقتصادي مجموعة تكاليف (أي تدفقات الخرج النقدية). وفي كلتا الحالتين، الهدف هو زيادة الثروة الإجمالية للشركة بإيجاد العمر الذي يجعل الأرباح أعظمية، أو بكلمات مماثلة، يجعل التكاليف أصغرية.

المثال 9-7

تدرس الشركة XYZ شراء آلة لرزم الورق المعاد تكريره، ثمنها 5,0000دولار. قُدرت لهذا المشروع الإيرادات السنوية منقوصاً منها النفقات، وقيم (السوق) للتخلي عن الآلة. إن المعدل MARR للشركة هو 12% سنوياً. ما هو الوقت

الأنسب للتخلي عن المشروع إذا قررت الشركة سلفاً الحصول على آلة الرزم واستخدامها خلال مدة لا تزيد على 7 سنوات؟

	نهاية العام						
	1	2	3	4	5	6	7
الإيرادات السنوية المنقوصة النفقات	$10,000	$15,000	$18,000	$13,000	$9,000	$6,000	$5,000
قيمة التخلي للآلة [a]	40,000	32,000	25,000	21,000	18,000	17,000	15,000

[a] قيمة السوق المقدّرة

الحل

تُكتب القيم الحالية الناتجة عن إقرار الاحتفاظ بالآلة مدة عام أو عامين أو 3 أعوام، أو 4 أو 5 أو 6 أو 7 على النحو التالي:

الاحتفاظ بالآلة لمدة عام:

$$PW\ (12\%) = -\$50{,}000 + (\$10{,}000 + \$40{,}000)\ (P\ /\ F,\ 12\%,\ 1)$$
$$= -\$5{,}355$$

الاحتفاظ بالآلة مدة عامين:

$$PW\ (12\%) = -\$50{,}000 + \$10{,}000(P\ /\ F,\ 12\%,1) + (\$15{,}000 + \$32{,}000)\ (P\ /\ F,\ 12\%,\ 2)$$
$$= -\$3{,}603$$

وبالطريقة ذاتها، تُحسب القيم الحالية للسنوات 3 إلى 7. وتُكتب النتائج كما يلي:

تبقى لمدة ثلاث سنوات PW(12%) = $1,494

تبقى لمدة أربع سنوات PW(12%) = $5,306

تبقى لمدة خمس سنوات PW(12%) = $7,281

تبقى لمدة ست سنوات PW(12%) = $8,719

تبقى لمدة سبع سنوات PW(12%) = $9,153

وكما نرى، تصبح القيمة الحالية أعظمية ($9153) عند الاحتفاظ بالآلة 7 أعوام. ولذا، فإن الوقت الأنسب للتخلي عنها هو بعد 7 سنوات.

في بعض الحالات، قد تقرر الإدارة أن الأصول الحالية، وإن خرجت من الخدمة، لن يستعاض عنها أو لن تخرج من كامل الخدمة. ومع أن الأصول الحالية قد لا تقدر على المنافسة اقتصادياً في الوقت الحالي، فقد يكون من المفضل، وربما أكثر اقتصادية، إبقاء الأصول كوحدة احتياطية أو استعمالها بطريقة مختلفة. وقد تكون كلفة الحفاظ على الحل المدافع في ظل هذه الظروف منخفضة تماماً، بسبب قيمتها السوقية المنخفضة نسبياً والممكن تحقيقها، وربما بسبب النفقات السنوية المنخفضة. وتتعلق غالباً اعتبارات ضريبة الدخل (المناقشة في الفقرة التالية) بكلفة الاحتفاظ بالمدافع.

9.9 دراسات الاستبدال بعد الضرائب

كما نوقش في الفصل السادس، قد تمثل ضرائب الدخل المرافقة لمشروع مقترح تدفق خرج نقدياً رئيسياً للشركة. ولذا ينبغي أخذ ضرائب الدخل في الحسبان، إلى جانب كافة التدفقات النقدية الأخرى ذات الصلة؛ عند تقييم الربحية الاقتصادية لمشروع معين. تصح هذه الحقيقة أيضاً في قرارات الاستبدال. ويؤدي استبدال الأصول غالباً إلى أرباح أو خسائر عند بيع الأصول الحالية (الحل المدافع). ويُحتمل أن تؤثر ضريبة الدخل الناتجة عن الأرباح (أو الخسائر) المرافقة لبيع الأصول (أو الاحتفاظ بها) على قرار إبقاء المدافع أو بيعه وشراء البديل المتحدي. ويُكرَّس هذا المقطع لعرض إجراءات القيام بتحليل استبدال على قاعدة بعد الضرائب. ونلاحظ أن تحليلات الاستبدال بعد الضرائب تتطلب معرفة جدول الاهتلاك المطبق سلفاً على الحل المدافع، إضافة إلى معرفة جدول الاهتلاك المناسب الواجب استخدامه للمتحدي.

1.9.9 العمر الاقتصادي بعد الضرائب

في الفقرات السابقة، حُدد العمر الاقتصادي للأصول الجديدة (المثال 9-4) وللأصول الحالية (المثال 9-5) على قاعدة قبل الضرائب. ولكن يمكن استخدام تحليل بعد الضرائب لتحديد العمر الاقتصادي للأصول، بتوسيع المعادلة (9-1) لتأخذ في الحسبان تأثيرات ضرائب الدخل:

$$\text{PW}_k(i\%) = I + \sum_{j=1}^{k}[(1-t)Ej - td_j](P/F, i\%, j) - [(1-t)\text{MV}_k + t(\text{BV}_k)](P/F, i\%, k). \qquad (3.9)$$

يحدد هذا الحساب القيمة الإجمالية للتدفقات النقدية بعد الضرائب PW_k (معبَّراً عنها كتكاليف) حتـى العام k، بإجراء ما يلي:

1. إضافة الاستثمار الابتدائي في رأس المال I، (وهو القيمة الحالية لمبالغ الاستثمار التـي حدثت بعد اللحظة 0) إلى مجموع القيم الحالية بعد الضرائب للنفقات السنوية حتـى العام k، والتـي تتضمن التسوية لمبالغ الاهتلاك السنوي (d_j).
2. تسوية الناتج الذي يمثل القيمة الحالية بعد الضرائب للتكاليف بنتائج الربح أو الخسارة بعد الضرائب، والناجمة عن التخلي عن الموجودات في نهاية العام k. تُستخدم المعادلة (3.9)، بطريقة مماثلة لتحليل قبل الضرائب السابق المعتمد على المعادلة (1.9)، لتحديد الكلفة الحدية الكلية TC_k لكل عام k، أي:

$$\text{TC}_k = (\text{PW}_k - \text{PW}_{k-1})\,(F/P, i\%, k)$$

يقود التبسيط الجبري لهذه العلاقة إلى المعادلة (9-4):

$$\text{TC}_k(i\%) = (1-t)\,(\text{MV}_{k-1} - \text{MV}_k + i\text{MV}_{k-1} + E_k) + i(t)\,(\text{BV}_{k-1}) \qquad (4.9)$$

تنتج المعادلة (9-4) بجداء الحد (t − 1) بالمعادلة (9-1)، وإضافة فوائد تسوية الضرائب من القيمة الدفترية للأصول في بداية العام k. تُستخدم مصاغة جدولية، تتضمن المعادلة (9-4)، لحل المثال التالي وإيجاد العمر الاقتصادي للأصول الجديدة، على قاعدة بعد الضرائب N^*_{AT}. يمكن استخدام الإجراء ذاته لإيجاد العمر الاقتصادي بعد الضرائب للموجودات الحالية.

المثال 9-8

أوجد العمر الاقتصادي، بالاستناد إلى قاعدة بعد الضرائب، لشاحنة الرافعة الشوكية الجديدة (الحل المتحدي) الموصوفة في المثال 9-4. نفترض أن الرافعة الشوكية الجديدة تُستهلك كأصول تنتمي إلى صف الممتلكات ذات الثلاث السنوات "MACRS (GDS)"[5]، وأن المعدل الفعال لضريبة الدخل هو 4% وأن القيمة MARR بعد الضرائب هي 6% سنوياً.

الجدول 5.9: تحديد العمر الاقتصادي بعد الضرائب للأصول الموصوفة في المثال (9-4).

(1) نهاية العام k	(2) القيمة السوقية MV نهاية العام k	(3) حساب القيمة السوقية خلال العام k	(4) كلفة رأس المال 6% من القيمة السوقية في بداية العام في العمود 2	(5) النفقات السنوية	(6) الكلفة الكلية التقريبية (الحدية) بعد الضرائب للعام k (مجموع الأعمدة 5,4,3) · (1-t)
0	$20,000	0	0	0	0
1	15,000	$5,000	$1,200	$2,000	$4,920
2	11,250	3,750	900	3,000	4,590
3	8,500	2,750	675	4,620	4,827
4	6,500	2,000	510	8,000	6,306
5	4,750	1,750	390	12,000	8,484

نهاية العام k	(7) MACRS القيمة الدفترية في نهاية العام k	(8) الفائدة على تسوية الضرائب = 6% · t · القيمة الدفترية بداية العام في العمود 7	(9) الكلفة الكلية (الحدية) المسواة بعد الضرائب (TC_k) (العمود 6 + العمود 8)	(10) الكلفة ^{a} EUAC (بعد الضرائب) حتـى العام k	
0	$20,000	0	0	0	
1	13,334	$480	$5,400	$5,400	
2	4,444	320	4,910	5,162	
3	1,482	107	4,934	5,090	$N^*_{AT} = 3$
4	0	36	6,342	5,377	
5	0	0	8,484	5,928	

^{a} $\text{EUAC}_k = [\sum_{j=1}^{k} (\text{Col.9})_j \cdot (P/F, 6\%, j)](A/P, 6\%, k)$

الحل

يبين الجدول (5.9)، الحسابات التـي تستخدم المعادلة (9-4). وتُكرر القيمة السوقية سنة فسنة، والنفقات السنوية من المثال (9-4) في العمودين 2 و5 على التوالي. في العمود 6، يُحسب مجموع خسارة القيم السوقية خلال العام k، وتكاليف رأس المال المعتمدة على القيم السوقية في بداية العام (BOY_k)، والنفقات السنوية في العام k، مضروباً بالحد $(1 - t)$

[5] في الفصل السادس، نوقش النظام GDS (نظام الاهتلاك العام)، وADS (نظام الاهتلاك البديل).

لتحديد الكلفة الحدية الكلية السنوية في العام k.

يبين العمود 7 القيم الدفترية في نهاية كل عام، والمعتمدة على أن الرافعة الشوكية الجديدة ذات صنف ممتلكات بثلاث سنوات MACRS (GDS). تُستخدم بعدئذ هذه المبالغ في العمود 8 لتحديد تسوية الضرائب السنوية (وهو الحد الأخير في المعادلة 4.4) اعتماداً على القيمة الدفترية في بداية العام BV_{k-1}. تضاف تسوية الضرائب السنوية جبرياً إلى مدخلات العمود 6 للحصول على كلفة هامشية كلية مسواة بعد الضرائب في العام k، يُرمز لها بـــ TC_k. تُستخدم مبالغ التكاليف الحدية الكلية في العمود 10 لحساب الكلفة السنوية المنتظمة المكافئة $EUAC_k$ لإخراج الأصول من الخدمة في نهاية العام k تتابعياً. وفي هذه الحالة، يكون العمر الاقتصادي بعد الضرائب N^*_{AT} هو 3 سنوات، وهي النتيجة ذاتها التـــي حصلنا عليها من تحليل قبل الضرائب في المثال 9-4.

وليس من النادر أن يتساوى العمر الاقتصادي قبل الضرائب وبعدها للأصول (كما حدث في المثالين 9-4، و9-8).

2.9.9 قيمة الاستثمار بعد الضرائب للحل المدافع

استُخدمت وجهة النظر الخارجية في هذا الفصل لحساب قيمة استثمار قبل الضرائب للأصول. وباستخدام وجهة النظر هذه، تكون القيمة السوقية الحالية الممكن تحقيقها للمدافع هي القيمة المناسبة للاستثمار قبل الضرائب. تمثل هذه القيمة (على الرغم من أنها ليست تدفقاً نقدياً فعلياً) كلفة الفرصة البديلة للحفاظ على الحل المدافع. وبتحديد قيمة الاستثمار بعد الضرائب، ينبغي أيضاً تضمين كلفة الفرصة البديلة للأرباح (أو الخسائر) والتـــي لا تتحقق إذا احتُفظ بالمدافع.

لنأخذ مثلاً آلة طباعة، اشتُريت قبل 3 أعوام بقيمة 30,000 دولار. إن قيمتها السوقية الحالية هي 5,000 دولار وتبلغ قيمتها الدفترية الحالية 8,640 دولار. إذا بيعت آلة الطباعة الآن، فستخسر الشركة عند التخلي عنها مبلغاً قدره 8,640− 5,000 = 3,640 − دولار. وبفرض أن المعدل الفعلي لضريبة الدخل هو 40%، تُترجم هذه الخسارة إلى: (0.40−) (3,640−) = 1,456 دولار، وهي قيمة الوفر في الضرائب. ولذا، إذا تقرر الاحتفاظ بآلة الطباعة، فإن الشركة لن تفقد فرصة للحصول على القيمة السوقية البالغة 5,000 دولار فحسب، بل ستضيع فرصة الحصول على 1,456 دولار من رصيد الضرائب الناتج عن بيع آلة الطباعة بسعر أقل من قيمتها الدفترية الراهنة. ولذا، فإن قيمة الاستثمار الكلي بعد الضرائب لآلة الطباعة الحالية هي: 1,456 + 5,000 = 6,456$. إن حساب قيمة الاستثمار بعد الضرائب للأصول الحالية هو حساب مباشر تماماً. وباستخدام المصاغة العامة لحساب التدفقات النقدية بعد الضرائب (ATCF) المعروضة سابقاً في (الشكل 5.6)، نحصل على المدخلات التالية، إذا بيع الحل المدافع الآن (السنة 0). نلاحظ أن القيمة السوقية MV_0 والدفترية BV_0 تمثلان قيم المدافع في لحظة التحليل.

نهاية العام k	التدفق النقدي قبل الضرائب BTCF	الاهتلاك	الدخل الخاضع للضريبة	التدفق النقدي لضرائب الدخل	التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF (إذا بيع المدافع)
0	MV_0	لا يوجد	$MV_0 - BV_0$	$-t(MV_0 - BV_0)$	$MV_0 - t(MV_0 - BV_0)$

الآن، إذا تقرر الحفاظ على الأصول، تصبح المدخلات السابقة تكاليف فرصة بديلة، ترافق الحفاظ على الحل المدافع. يبين (الشكل 4.9) المدخلات المناسبة للعام 0، عند تحليل النتائج بعد الضرائب الناجمة عن الاحتفاظ بالمدافع. ونلاحظ أن

مدخلات (الشكل 4.9) هي القيم ذاتها المظهرة سابقاً، ولكنها ذات إشارة معكوسة لتأخذ التغيرات في الحسبان (الاحتفاظ مقابل البيع).

نهاية العام k	(A) التدفق النقدي قبل الضرائب BTCF	(B) الاهتلاك	(C) الدخل الخاضع للضريبة	$(D) = -t(C)$ التدفق النقدي لضرائب الدخل	$(E) = (A) + (D)$ التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF (إذا بيع المدافع)
0	$-MV_0$	لا يوجد	$-(MV_0 - BV_0)$	$-t[-(MV_0 - BV_0)]$ $= t(MV_0 - BV_0)$	$-MV_0 + t(MV_0 - BV_0)$

الشكل 4.9: الإجراء العام لحساب قيمة الاستثمار بعد الضرائب للحل المدافع.

المثال 9-9

تبلغ القيمة السوقية الراهنة لإحدى الأصول المراد استبدالها 1,2000 دولار، ولها قيمة دفترية راهنة مقدارها $1,8000. حدِّد قيمة الاستثمار بعد الضرائب للأصول الراهنة (في حال الاحتفاظ بها) باستخدام وجهة النظر الخارجية ومعدل فعلي لضريبة الدخل قدره 34%.

الحل

بفرض أن MV_0 = 1,2000 دولار، وBV_0 = 1,8000 دولار، و0.34 = t، نستطيع بسهولة حساب التدفق النقدي ATCF المرافق للحفاظ على الأصول الحالية، باستخدام المصاغة المذكورة في (الشكل 4.9).

نهاية العام	التدفق النقدي BTCF	الاهتلاك	الدخل الخاضع للضريبة	التدفق النقدي للضريبة	التدفق النقدي ATCF
0	–$12,000	لا يوجد	–(12,000 – $18,000) = $6,000	(–0.34) ($6,000) = -$2,040	–$12,000 – $2,040 =-$14,040

إن قيمة الاستثمار المناسبة بعد الضرائب للأصول الحالية هي 1,4040 دولار. ونلاحظ أنها أعلى من قيمـــة الاستثمار قبل الضرائب البالغة 12000 دولار. ويعزى ذلك إلى رصيد الضرائب الذي فُقد نتيجة عدم بيع الآلة الحالية بخسارة.

المثال 9-10

تدرس شركة استشارات هندسية استبدال محطات العمل للتصميم بمساعدة الحاسوب CAD. اشتُريت محطة العمل قبل 4 سنوات بمبلغ 2,0000 دولار، وتتبع حسومات الاهتلاك الجدول الزمنـــي لصف الممتلكات ذات السنوات الخمس، وفق التصنيف MACRS (ADS). يمكن بيع محطة العمل الآن بمبلغ 4,000 دولار. بفرض أن المعدل الفعال لضريبة الدخل هو 40%، احسب قيمة الاستثمار بعد الضرائب لمحطة عمل التصميم بمساعدة الحاسوب، إذا احتُفظ بها.

الحل

لحساب التدفق النقدي ATCF المرافق للحفاظ على الحل المدافع، يجب أولاً حساب القيمة الدفترية الحالية BV ويرمز لها BV_0. استُهلكت محطة العمل خلال أربع سنوات في ظل النظام MACRS (GDS)، مع صف الممتلكات ذات

السنوات الخمس. ولذا نكتب:

$$^{6}BV_0 = \$20,000(1 - 0.2 - 0.32 - 0.192 - 0.1152) = \$3,456$$

باستخدام المصاغة المعروضة في (الشكل 4.9)، نجد أن بالإمكان حساب التدفق النقدي ATCF المرافق للحفاظ على الحل المدافع كما يلي:

نهاية العام k	التدفق النقدي BTCF	الاهتلاك	الدخل الخاضع للضريبة	التدفق النقدي لضرائب الدخل	التدفق النقدي ATCF
0	$-\$4,000$	لا يوجد	$-(\$4,000-\$3,456)$ $= -\$544$	$(-0.4)(-\$544)$ $= \$218$	$-\$4,000 + \$218$ $= -\$3,782$

إن قيمة الاستثمار بعد الضرائب للحفاظ على محطة عمل التصميم بمعونة الحاسوب CAD هي 378,2 دولار. ونلاحظ أنه في حالة تجاوز القيمة السوقية MV_0 للقيمة الدفترية BV_0، تكون قيمة الاستثمار بعد الضرائب أقل من قيمة الاستثمار قبل الضرائب. ويعود ذلك إلى عـــدم حدوث الربح عند التخلي (وتبعات الضرائب الناتجة) في ذلك الوقـــت إذا احتُفظ بالحل المدافع.

3.9.9 تحليلات توضيحية للاستبدال بعد الضرائب

تمثل الأمثلة التالية تحليلات نموذجية للاستبدال بعد الضرائب. وهي توضح الطريقة المناسبة لتضمين تأثير ضرائب الدخل، إضافة إلى تضمين عدد من العوامل الواجب أخذها في الحسبان في دراسات الاستبدال العامة.

المثال 9-11 (طرح جديد للمثال 9-3 مع معلومات الضرائب)

أصبح مدير منشأة لتصنيع السجاد قلقاً بشأن عمل مضخة حاسمة في إحدى العمليات، وبعد مناقشة الحالة مع المشرف الهندسي للمنشأة، قررا ضرورة إجراء دراسة استبدال مدة 9 سنوات لهذه الحالة. تستخدم الشركة التـــي تملك المنشأة قيمة للمعدل MARR بعد الضرائب قدرها 6% سنوياً لمشاريع استثمار رأس المال. إن المعدل الفعال لضريبة الدخل هو 40%.

تبلغ كلفة المضخة الحالية، المضخة A، التـــي تتضمن محرك القيادة مع التحكم المُكامل فيه، 170,00 دولار منذ 5 سنوات. تظهِر سجلات المحاسبة جدول الاهتلاك الواجب أن تتبعه أي منشأة تنتمي إلى صف الممتلكات MACRS (ADS) ذات 9 سنوات. لقد شهدت المضخة A بعض مشكلات الموثوقية، تضمنت الاستبدال السنوي للمحرض والقواعد الحاملة بكلفة 1,750 دولار. إن النفقات السنوية الوسطى هي 32,50 دولار. وتبلغ قيمة التأمينات السنوية وضرائب الأملاك 2% من استثمار رأس المال الابتدائي. ويبدو أن المضخة ستقدم الخدمة المناسبة لمدة 9 سنوات إضافية إذا استمرت ممارسات الإصلاح والصيانة الحالية على النحو الراهن. يمكن الحصول على القيمة السوقية المقدرة بقيمة 750

---

[6] يملي قانون الضريبة الحالي فرض ضرائب على الأرباح والخسائر معاً كدخل عادي. وبنتيجة ذلك، ليس من الضروري الأخذ في الحسبان اصطلاح النظام MACRS لنصف العام عند حساب القيمة الدفترية في حالة "إذا بيع" (تعوض الزيادة في الدخل الخاضع للضريبة والناتجة عن قيمة أعلى للـــ BV بنصف العام من الاهتلاك الذي يحدث في حال الاحتفاظ بالمدافع). ويسمح ذلك بتبسيط الإجراءات الحسابية لقيمة الاستثمار بعد الضرائب للمدافع.

دولار إذا بيعت المضخة الآن. يُقدَّر أن استمرار المضخة بالخدمة، سيجعل قيمتها السوقية بعد 9 سنوات مساوية 200 دولار تقريباً.

الجدول 6.9: ملخص معلومات المثال 9-11.

المعدل MARR (بعد الضرائب): 6% سنوياً	
المعدل الفعال لضريبة الدخل: 40%	
المضخة الحالية A (المدافع)	
مدة الاسترجاع MACRS (ADS)	9 سنوات
استثمار رأس المال عند الشراء قبل 5 سنوات	$17,000
النفقات السنوية الكلية	$5,340
النفقات السوقية الحالية	$750
القيمة السوقية المقدرة في نهاية السنوات التسع الإضافية	$200
المضخة البديلة B (المتحدي)	
صف الممتلكات MACRS (GDS)	5 سنوات
استثمار رأس المال	$16,000
النفقات السنوية الكلية	$3,320
القيمة السنوية المقدرة في نهاية السنوات التسع	$3,200

وبدلاً من الحفاظ على المضخة الحالية في حالة الخدمة، يمكن بيعها فوراً وشراء مضخة بديلة، المضخة *B*، بثمن 16000 دولار. ويمكن تطبيق عمر يبلغ 9 سنوات على المضخة الجديدة (أي إنها تنتمي إلى صف الممتلكات MACRS ذات السنوات الخمس)، في ظل النظام GDS. وتُقدّر قيمة السوق للمضخة في نهاية العام التاسع بنسبة 20% من استثمار رأس المال الابتدائي. وتُقدّر نفقات الصيانة والتشغيل للمضخة الجديدة بمبلغ 3000 دولار سنوياً. وتمثل الضرائب السنوية والتأمينات نسبة 2% من استثمار رأس المال الابتدائي. يلخص (الجدول 6.9) معطيات المثال 9-11.

اعتماداً على هذه المعطيات، هل ينبغي الحفاظ على المدافع (المضخة A) [وعدم شراء المتحدي (المضخة B)]، أم ينبغي شراء المتحدي الآن (وبيع المدافع)؟ استخدم تحليل بعد الضرائب ووجهة النظر الخارجية للتقدير.

الحل

يبيـــن (الجدول 7.9) حسابات بعد الضرائب للاحتفاظ على الحل المدافع (المضخة *A*) وعدم شراء المتحدي (المضخة *B*). وتعدّ نهاية السنة الحالية (الخامسة) لخدمة المدافع السنةَ 0 لمدة التحليل. تُحسب مدخلات (الجدول 7.9) للعام 0 باستخدام المصاغة العامة المعروضة في (الشكل 4.9)، والتـــي تُشرح فيما يلي:

1. التدفق النقدي BTCF (– $750): وهو المبلغ ذاته المستخدم في تحليل قبل الضرائب للمثال 9-3. يستند هذا المبلغ إلى وجهة النظر الخارجية، وهو كلفة الفرصة البديلة للاحتفاظ بالحل المدافع بدلاً من استبداله (وبيعه بالقيمة السوقية البالغة $750).
2. الدخل الخاضع للضرائب ($7,750): ينتج هذا المبلغ عن زيادة الدخل الخاضع للضرائب والبالغ 7,750 دولار بسبب تأثير الضرائب في الحفاظ على المدافع بدلاً من بيعه. وعلى وجه التحديد، إذا بيع المدافع الآن، تصبح الخسارة عند التنسيق كما يلي:

الربح أو الخسارة عند التنسيق (إذا بيعت الآن) = $BV_0 - MV_0$

$$BV_0 = \$17,000[1 - 0.0556 - 4(0.1111)] = \$8,500$$

مقدار الخسارة بالتنسيق (إذا بيع الآن):

$$= \$750 - \$8,500 = -\$7,750$$

ونظراً إلى احتفاظنا بالمدافع (المضخة A) في هذا الحل البديل، يحدث تأثير معكوس على الدخل الخاضع للضرائب، بزيادة قدرها 7,750 دولار بسبب الفرصة المفقودة.

الجدول 7.9: حسابات التدفق النقدي ATCF للمدافع (المضخة الحالية A) في المثال 9-11.

نهاية العام k	(A) التدفق النقدي BTCF [a]	(B) الاهتلاك وفق MACRS (ADS)	$(C) = (A) - (B)$ الدخل الخاضع للضريبة	$(D) = -0.4(C)$ ضرائب الدخل بمعدل 40%	$(E) = (A) + (D)$ التدفق النقدي ATCF
0	-$750	لا يوجد	$7,750	-$3,100	-$3,850
4-1	-5,340	$1,889	-7,229	2,892	-2,448
5	-5,340	944	-6,284	2,514	-2,826
9-6	-5,340	0	-5,340	2,136	-3,204
9	200		200[b]	-80	120

[a] التدفق النقدي قبل الضرائب

[b] الربح عند التنسيق (الخاضع للضريبة بمعدل 40%)

3. التدفق النقدي لضرائب الدخل (– 3,100 دولار): تؤدي زيادة الدخل الخاضع للضرائب، والناتجة عن أثر الضرائب في الحفاظ على المدافع، إلى زيادة تبعات الضرائب (أو فَقْد رصيد الضرائب) بمقدار:

$$-0.4\ (\$7,750) = -\ \$3,100$$

4. التدفق النقدي ATCF (–3,850 دولار): تنتج قيمة الاستثمار الكلية بعد الضرائب للمدافع عن عاملين: القيمة السوقية الحالية MV (750 دولار) ورصيد الضرائب (3,100 دولار) المفقود بسبب الاحتفاظ بالمضخة *A*. ولذا، يصبح التدفق النقدي ATCF الذي يمثل الاستثمار في المدافع (اعتماداً على وجهة النظر الخارجية):

$$-\$750 - \$3,100 = -\$3,850$$

يبين (الجدول 7.9) الحسابات الباقية للتدفق النقدي ATCF خلال تحليل السنوات التسع للحل البديل الذي ينص على الاحتفاظ بالمدافع. ويبين (الجدول 8.9) حسابات بعد الضرائب للحل المتعلق بشراء الحل المتحدي (المضخة *B*).

تتطلب الخطوة التالية في دراسة استبدال بعد الضرائب حسابات التكافؤ باستخدام المعدل MARR بعد الضرائب. ونعرض فيما يلي تحليل الكلفة EUAC محسوبة بعد الضرائب للمثال 9-11:

الكلفة EUAC (6%) للمضخة A (المدافعة): $= \$3,850(A / P, 6\%, 9)$

$$+ \$2,448\ (P / A, 6\%, 4)\ (A / P, 6\%, 9)$$

$$+ [\$2,826\ (F / P, 6\%, 4)$$

$$+\$3,204\ (F / A, 6\%, 4) - \$120]\ (A / F, 6\%, 9)$$

$$= \$3,332$$

الجدول 8.9: حسابات التدفق النقدي ATCF للمتحدي (استبدال المضخة *B*) في المثال 9-11:

نهاية العام k	(A) التدفق النقدي BTCF	(B) الاهتلاك وفق MACRS (GDS)	(C) = (A) − (B) الدخل الخاضع للضرائب	(D) = −0.4(C) ضرائب الدخل بمعدل 40%	(E) = (A) + (D) التدفق النقدي ATCF
0	-$16,000	لا يوجد			-$16,000
1	-3,320	$3,200	-$6,520	$2,608	-712
2	-3,320	5,120	-8,440	3,376	56
3	-3,320	3,072	-6,392	2,557	-763
4	-3,320	1,843	-5,163	2,065	-1,255
5	-3,320	1,843	-5,163	2,065	-1,255
6	-3,320	922	-4,242	1,697	-1,623
9-7	-3,320	0	-3,320	1,328	-1,992
9	3,200		3,200[a]	-1,280	1,920

a الربح عند التنسيق (يخضع للضرائب 40%)

الكلفة EUAC (6%) للمضخة B (المتحدية): $\text{EUAC}(6\%) = \$16{,}000\,(A/P, 6\%, 9)$

$$+ [\$712\,(P/F, 6\%, 1) - \$56(P/F, 6\%, 2)$$
$$+ \$763\,(P/F, 6\%,3)$$
$$+ \ldots + \$1{,}992\,(P/F, 6\%, 9)]\,(A/P, 6\%, 9)$$
$$-\ \$1{,}920\,(A/F, 6\%, 9)$$
$$= \$3{,}375$$

ولما كانت الكلفة EUAC للمضختين متقاربة، فقد تؤثر اعتبارات أخرى، مثل الموثوقية المحسنة للمضخة الجديدة، في الابتعاد عن التفضيل الاقتصادي القليل للمضخة *A*. إن التكاليف السنوية بعد الضرائب للحلين أقل كثيراً من التكاليف السنوية قبل الضرائب.

لا يقلب إذن تحليل بعد الضرائب نتائج التحليل قبل الضرائب في هذه المسألة (انظر المثال 9-3). ولكن لا ينبغي، عند أخذ ضرائب الدخل في الحسبان، توقع الحصول على نتائج متماثلة من تحليل قبل الضرائب وبعدها.

يتطلب المثال التالي تحديد العمر الاقتصادي للحل المدافع، على قاعدة بعد الضرائب، واستخدام التكاليف الحدية بعد الضرائب لتحديد الزمن الاقتصادي لاستبدال المدافع.

المثال 9-12

تدرس شركة الأختام المعدنية اســـتبدال نظام الرذاذ لديها. تبلغ كلفة تركيب النظام الجديد 60,000 دولار، وله عمر اقتصادي مقداره 12 عاماً. تُقدّر القيمة السوقية للنظام الجديد في نهاية السنوات الاثنتـــي عشرة بمبلغ 6,000 دولار. إضافة إلى ذلك، تُقدّر نفقات التشغيل والصيانة السنوية بمبلغ 32,000 دولار سنوياً للنظام الجديد، ويُعتمد اهتلاك خطي له (ذو قيمة سوقية نهائية قدرها 6,000 دولار).

إن العمر المجدي المتبقي للنظام الحالي هو 3 سنوات، وله قيمة دفترية مقدارها 12,000 دولار، وقيمة سوقية يمكن

تحقيقها الآن بمبلغ 8000 دولار. تُقدّر نفقات التشغيل والقيم السوقية والدفترية للنظام الحالي خلال السنوات الثلاث المقبلة كما يلي:

السنة	القيمة السوقية في نهاية العام	القيمة الدفترية في نهاية العام	نفقات التشغيل خلال العام
1	$6,000	$9,000	$40,000
2	5,000	6,000	50,000
3	4,000	3,000	60,000

يُحتاج إلى نظام رذاذ ما دامت الشركة تقوم بأعمالها (والذي تأمل الشركة دوامه مدة طويلة). أجرِ تحليل بعد الضرائب لتحديد المدة الاقتصادية للاحتفاظ بالحل المدافع قبل استبداله. إن المعدل MARR بعد الضرائب هو 15% سنوياً، والمعدل الفعال لضرائب الدخل هو 50%.

الجدول 9.9: تحديد العمر الاقتصادي للمدافع المذكور في المثال 9-12

(1) نهاية العام k	(2) القيمة لسوقية للعام k	(3) حساب القيمة السوقية خلال العام k	(4) كلفة رأس المال = 15% من القيمة السوقية في بداية العام للعمود 2	(5) النفقات السنوية	(6) تقريب الكلفة الكلية (الهامشية) بعد الضرائب للعام k (العمود 3+4+5)·(1-t)
0	$8,000	0	0	0	0
1	6,000	$2,000	$1,200	$40,000	$21,600
2	5,000	1,000	900	50,000	25,950
3	4,000	1,000	750	60,000	30,875

الجدول 9.9 تتمة

نهاية العام k	(7) القيمة الدفترية في نهاية العام k	(8) الفائدة على تسوية الضرائب = 15% · t · القيمة الدفترية في بداية العام في العمود 7	(9) الكلفة الكلية (الحدية) المسواة بعد الضرائب TC_k (العمود 6 + 8)	(10) الكلفة EUAC (a) (بعد الضرائب) خلال العام k	
0	$12,000	0	0	0	
1	9,000	$900	$22,500	$22,500	$N^*_{AT} = 1$
2	6,000	675	26,625	24,418	
3	3,000	450	31,325	26,408	

[a] $EUAC_k = [\sum_{j=1}^{k} (Col.9)_j \cdot (P/F, 15\%, j)](A/P, 15\%, k)$

الحل

يبدأ التحليل بتحديد العمر الاقتصادي بعد الضرائب للنظام الحالي (ويُفترض أن العمر الاقتصادي للمتحدي هو 12 عاماً). ويظهر (الجدول 9.9) حسابات التكاليف الحدية بعد الضرائب سنة فسنة (المعادلة 4.9) للمدافع والكلفة EUAC المرافقة. ونرى من العمود 10 أن العمر الاقتصادي للمدافع هو عام واحد.

يحوي (الجدول 10.9) حسابات التدفق النقدي ATCF للمتحدي. تُستخدم التدفقات النقدية بعد الضرائبATCF

لحساب الكلفة المنتظمة EUAC بعد الضرائب للمتحدي كما يلي:

$$EUAC = \$60,000(A / P, 15\%, 12) + \$13,750 - \$6,000(A / F, 15\%, 12) = \$24,613$$

وبمقارنة الكلفة EUAC للمدافع والمتحدي، يبدو للوهلة الأولى ضرورة الاحتفاظ بالنظام القديم مدة عام واحد على الأقل، أو عامين. ولكن ينبغي في هذه الحالة فحص التكاليف الحدية. إن المعيار الاقتصادي الصالح، عند ازدياد نفقات التشغيل مع الزمن، هو الاحتفاظ بالنظام القديم مادامت الكلفة الحدية لعام خدمة إضافي أقل من الكلفة السنوية المنتظمة المكافئة للنظام الجديد. تبلغ الكلفة الحدية للاحتفاظ بالنظام القديم للعام الأول 22,500 دولار، وهي أقل من $24,613، وهي الكلفة EUAC للنظام الجديد، وهذا ما يبرر الاحتفاظ بالنظام القديم خلال السنة الأولى. تُقدّر الكلفة الحدية للاحتفاظ بالنظام القديم خلال العام الثانـي بمبلغ $2,6625، وهي أكبر من القيمة 24,613 دولار، والتـي تمثل الكلفـة السنوية الوسطى للنظام الجديد، وهذا ما يشير إلى ضرورة عدم الاحتفاظ بالنظام القديم خلال العام الثانـي، والاستعاضة عنه في نهاية السنة الأولى.

الجدول 10.9: حسابات التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF للمتحدي في المثال 9-12

نهاية العام k	(A) التدفق BTCF	(B) الاهتلاك بالنسبة الثابتة	(C) = (A) -(B) الدخل الخاضع للضرائب	(D) = -0.4(C) ضرائب الدخل بمعدل 40%	(E) = (A) + (D) التدفق ATCF
0	-$60,000	لا يوجد			-$60,000
1-12	-32,000	$4,500[a]	-$36,500	$18,250	-13,750
12	6,000		0[b]	0	6,000

[a] مبلغ الاهتلاك بالنسبة الثابتة: 4500 = 12/(6000 - 60,000) دولار.

[b] $MV_{12} - BV_{12} = 0; BV_{12} = 60,000 - 12\ (4500) = \$6000$

10.9 مثال شامل

يركز تحليل الاستبدال، في بعض الممارسات الهندسية، على أصول حالية لا يمكنها ملاءمة متطلبات الخدمة المستقبلية، دون توسيع إمكاناتها. وفي هذه الحالة، يجب أن يكون الحل المدافع، ذو الإمكانات المحسَّنة، منافساً لأفضل حل متحدٍّ. يتضمن المثال الشامل التالي تحليل حالة مشابهة.

المثال 9-13

يُدعم نظام الطوارئ لتزويد الكهرباء في أحد المشافي، والذي تملكه شركة طبية، حالياً بمولد كهربائي يعمل بالديزل، استطاعته 80kW، وقد تم وضعه في الخدمة منذ 5 سنوات (استثمار رأس المال 210,000 دولار)، وهو من صف الممتلكات ذات السنوات السبع وفق التصنيف MACRS (GDS). تصمم شركة هندسية تعديلات على الأنظمة الميكانيكية والكهربائية للمشفى كجزء من مشروع التوسع. يتطلب نظام الطوارئ للتزويد بالكهرباء المعاد تصميمه، استطاعة توليد قدرها 120kW لخدمة الطلب المتزايد. ويُدرس تصميمان أوليان للنظام. ينص النظام الأول على دعم المولد ذي الاستطاعة 80kW بوحدة تعمل على الديزل استطاعتها 40kW (وهي من صف الممتلكات ذات السنوات السبع وفق التصنيف GDS). يمثل هذا الحل البديل عملية توسيع للحل المدافع. أما التصميم الثانـي فيتضمن الاستعاضة عن المولد الحالي

بأفضل الحلول البديلة، وهي وحدة جديدة تعمل بالعنفات ذات استطاعة توليد قدرها 120 KW (الحل المتحدي). يقدم الحلان مستوى الخدمة ذاته اللازم لعمل نظام الطوارئ للتزويد بالكهرباء.

	الحل البديل		
	المدافع		
	80-kW	40-kW	المتحدي
استثمار رأس المال	$90,000[a]	$140,000	$10,000[b]
مبلغ الاستئجار السنوي	0	0	$39,200
ساعات العمل/سنة	260	260	260
النفقات السنوية (دولار العام 0):			
نفقات التشغيل والصيانة الساعية	$80	$35	$85
نفقات أخرى	$3,200	$1,000	$2,400
العمر المجدي	10 سنوات	15 سنة	15 سنة

[a] تعتمد كلفة الفرصة على القيمة السوقية الحالية للمدافع (وجهة النظر الخارجية).

[b] الإيداع الذي تفرضه بنود العقد لاستئجار المتحدي، ويُسترد في نهاية مدة الدراسة.

إذا انتُقي المتحدي، فسيؤجر المشفى مدة عشر سنوات. وفي ذلك الوقت، سيعاد التفاوض على عقد الاستئجار للمعدات الأصلية، أو للمولد البديل ذي الاستطاعة ذاتها. تُعطى التقديرات الإضافية التالية اللازمة لتحليل الاستبدال.

لا يتغير مبلغ الاستئجار السنوي للمتحدي خلال مدة العقد الممتدة على 10 سنوات. تُقدّر نفقات التشغيل والصيانة لكل ساعة تشغيل، ومبالغ النفقات السنوية للصيانة وفق دولار العام 0، ويُتوقع تصعيدها بمعدل 4% سنوياً (نفترض أن سنة الأساس b هي العام 0؛ انظر الفصل 8 للتعامل مع تغيرات الأسعار).

تُقدَّر القيمة السوقية الحالية للمولد 80 kW بقيمة 9,0000 دولار، وتصل قيمته السوقية في نهاية السنوات العشر الإضافية، وفق دولار العام، إلى 3,0000 دولار. إن القيمة السوقية المقدرة للمولد الجديد ذي الاستطاعة 40 kW، بعد عشر سنوات من الآن، هي 3,8000 دولار، وفق دولار العام. ويُتوقع تصعيد القيم السوقية المستقبلية بمعدل 2% سنوياً.

إن المعدل MARR بعد الضرائب للشركة، بالاعتماد على السوق، (i_c) هو 12% سنوياً، والمعدل الفعال لضرائب الدخل هو 40%. ويُعتقد أن من المناسب التخطيط (إجراء الدراسة) على مدة عشر سنوات لهذه الحالة (نلاحظ أن مدة الدراسة، عند أخذ ضريبة الدخل وتغيرات الأسعار في الحسبان، تعتمد على فرضية الحدود المشتركة).

اعتماداً على تحليل بعد الضرائب بالدولار الفعلي، ما هو الحل البديل (توسيع الحل المدافع أم استئجار الحل المتحدي) الواجب انتقاؤه كجزء من التصميم المعدَّل لنظام تزويد الكهرباء في الحالات الطارئة؟

الحل

يبين (الجدول 11.9) تحليل بعد الضرائب للحل الأول (المدافع) والذي ينص على الاحتفاظ بالمولّد ذي الاستطاعة 80 kW وتوسيع إمكاناته بالمولد الجديد ذي الاستطاعة 40 kW. إن الاستثمار الابتدائي في رأس المال قبل الضرائب، والبالغ 23,0000 دولار، هو مجموع ما يلي: (1) القيمة السوقية الحالية البالغة 9,0000 دولار للمولّد الحالي، ذي الاستطاعة 80 kW، والذي يمثل كلفة الفرصة، اعتماداً على وجهة النظر الخارجية. (2) استثمار رأس المال للمولد الجديد ذي الاستطاعة 40 kW، والبالغ $14,0000. ويأتـــي الدخل الخاضع للضرائب في السنة 0، والبالغ -$43,149، من الربح

عند التنسيق، والذي لا يحدث عند الاحتفاظ بالمولد ذي الاستطاعة 80 kW، بدلاً من بيعه.

الجدول 11.9: توسيع إمكانات الحل المدافع بالمولد الجديد ذي الاستطاعة 40kW (المثال 9-13).

نهاية العام k	التدفق النقدي قبل الضرائب BTCF	الاهتلاك 80-kW	الاهتلاك 40-kW	الدخل الخاضع للضريبة	التدفق النقدي لضرائب الدخل	التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF
0	-$230,000	لا يوجد		-$43,149[c]	$17,260	-$212,740
1	-35,464	$18,732	$20,006	-74,202	29,681	-5,783
2	-36,883[a]	18,753	34,286	-89,922	35,969	-914
3	-38,358	9,366	24,486	-72,210	28,884	-9,474
4	-39,892		17,486	-57,378	22,951	-16,941
5	-41,488		12,502	-53,990	21,596	-19,892
6	-43,147		12,488	-55,635	22,254	-20,893
7	-44,873		12,502	-57,375	22,950	-21,923
8	-46,668		6,244	-52,912	21,165	-25,503
9	-48,535			-48,535	19,414	-29,121
10	-50,476			-50,476	20,190	-30,286
10	82,892[b]			82,892	-33,157	49,735

[a] $-[260(\$80 + \$35) + (\$3,200 + \$1,000)]\,(1,04)^2 = -\$36,883$

[b] $MV_{10} = (\$30,000 + \$38,000)\,(1.02)^{10} = \$82,892$

[c] إذا بيع المدافع الآن فإن الربح عند التنسيق هو 90,000 − 46,851 = 43,149 دولار حيث $BV_0 = \$46,851$

إن القيمة الحالية بعد الضرائب للاحتفاظ للمدافع وتوسيع إمكاناته هي:

$$\begin{aligned} PW_D(12\%) &= -\$212,740 - \$5,783(P/F, 12\%, 1) - \ldots \\ &\quad + (\$49,735 - \$30,286)\,(P/F, 12\%, 10) \\ &= -\$282,468 \end{aligned}$$

وفي ظل بنود الاستئجار للحل المتحدي، يودع مبلغ ابتدائي قدره $10,000، يُسترد كاملاً في نهاية السنوات العشر. ولا ترافق مداولة الإيداع أي آثار على الضريبة. إن التدفق النقدي السنوي قبل الضرائب للمتحدي هو مجموع ما يلي: (1) مبلغ الاستئجار السنوي، الذي يظل ثابتاً خلال مدة السنوات العشر. (2) نفقات التشغيل والصيانة والنفقات الأخرى، التـــي تزداد بمعدل 4% سنوياً. فعلى سبيل المثال، يبلغ التدفق النقدي قبل الضرائب BTCF للمتحدي في العام 1: $-\$39,200 - [\$85(260) + \$2,400](1.04) = -\$64,680$. تُحسم التدفقات النقدية السنوية قبل الضرائب BTCF للسنوات من 1 إلى 10 كلياً من دخل الشركة الخاضع للضرائب، وهي تمثل أيضاً مبالغ الدخل الخاضع للضرائب للحل البديل (لا يمكن للشركة ادعاء أي اهتلاك للمتحدي، لأنها لا تملك المعدّات). ولذا، فالقيمة الحالية بعد الضرائب لانتقاء الحل المتحدي، بفرض استئجاره وفق بنود العقد، هي:

$$\begin{aligned} PW_C(12\%) &= -\$10,000 + \$10,000(P/F, 12\%, 10) \\ &\quad -(1 - 4.0)\,(\$39,200)\,(P/A, 12\%, 10) \\ &\quad -(1 - 0.4)\,[\$85(260) + \$2,400]\,(P/A, i_{CR} = 7.69\%, 10) \\ &= -\$239,705 \end{aligned}$$

حيث: $i_{CR} = (0.12 - 0.04) / (1.04) = 0,0769$ ، والحد: $(P / A, 7,69\%, 10)$ يساوي 6,8049.

استناداً إلى تحليل بعد الضرائب،يُعدّ الحل المتحدي أفضل اقتصادياً للاستخدام في نظام الطوارئ لتزويد الكهرباء بسبب قيمته الحالية التـــي هي أقل سلبية.

11.9 تطبيقات وريقات الجدولة

يُعدّ العمر الاقتصادي للأصول مكوِّناً حيوياً للعديد من دراسات الاستبدال. يقدّم المثال التالي نموذجاً لوريقة جدولة يمكن استخدامها لتحديد العمر الاقتصادي للأصول، عند معرفة استثمار رأس المال الابتدائي، والقيم السوقية سنة فسنة، ونفقات التشغيل السنوية. يمكن استعمال وريقة الجدولة هنا أيضاً لتعيين الوقت الأنسب للتخلي عن مشروع ما.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	MARR	15%						
2								
3					التدفق النقدي الصافي خلال العام	التدفق النقدي الكلي (الحدي) خلال العام	القيمة السنوية المكافئة خلال العام	
4			الخسارة في القيمة السوقية خلال العام k					
5	نهاية العام	القيمة السوقية في نهاية العام		كلفة رأس المال				
6					(R-E)	(R-E-CR)		
7	0	$ 15,000						
8	1	$ 12,000	$ 3,000	$ 2,250	$ (1,000)	$ (6,250)	($6,250)	
9	2	$ 10,000	$ 2,000	$ 1,800	$ (1,000)	$ (4,900)	($5,622)	العمر الاقتصادي
10	3	$ 7,000	$ 3,000	$ 1,500	$ (1,500)	$ (6,000)	($5,673)	
11	4	$ 3,000	$ 4,000	$ 1,050	$ (2,000)	$ (7,050)	($5,949)	
12	5	$ 500	$ 2,500	$ 450	$ (2,500)	$ (5,450)	($5,875)	

الشكل 5.9: وريقة جدولة لتحديد العمر الاقتصادي في المثال 9-14.

المثال 9-14

يبين (الشكل 5.9) القيم السوقية سنة فســـنة، ونفقات التشغيل لإحدى المعدّات المراد استبدالها (وهما العمودان B وE على الترتيب). تُستخدم قيم السوق لحساب الخسارة في القيمة سنة فسنة (العمود C) وكلفة رأس المال (العمود D). يُدمج مبلغ استرجاع رأس المال الناتج بالنفقات للسنة الواحدة، (والتـــي تظهر كتدفق نقدي صافٍ في العمود E) لتحديد الكلفة الحدية الكلية للسنة (العمود E). يبين العمود G القيمة المكافئة السنوية للتدفقات النقدية في العمود F تابعياً في كل عام. يحوي العمود H تابعاً من النوع ()IF، وتوضع اللصاقة "العمر الاقتصادي" إلى جانب القيمة السنوية المكافئة العظمى (والتـــي تقابل القيمة الدنيا للكلفة السنوية الموّحدة المكافئة) المبينة في العمود G. يظهر الجدول التالي الصيغ للخلايا المظلّلة في (الشكل 5.9).

الخلية	المحتويات
C10	B9 – B10 =
D10	B9 * $B$1 =
E10	التدفق النقدي الصافي الذي يدخله المستخدم
F10	E10 – (C10 + D10) =
G10	–PMT ($B$1, A10, NPV ($B$1, F$8: F10)) =
H10	IF (G10 = MAX (G$8:G$12) = العمر الاقتصادي

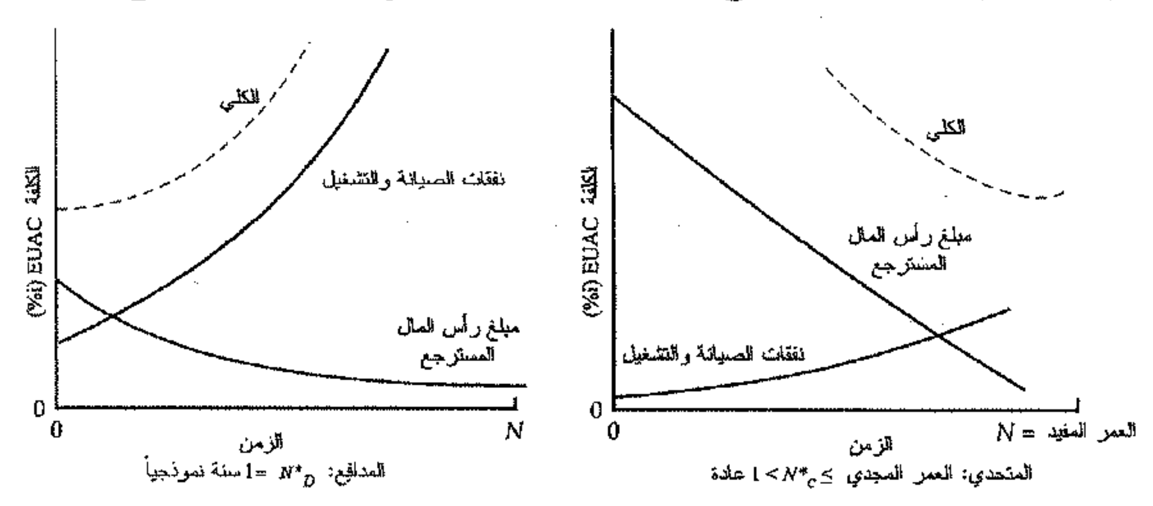
12.9 الخلاصة

صفوة القول: ينبغي تذكر عدة عوامل مهمة عند إجراء دراسة الاستبدال أو الإخراج من الخدمة.

لا يجوز حسم قيمة السوق للمدافع من سعر مبيع المتحدي عند استخدام وجهة النظر الخارجية لتحليل مسألة الاستبدال. إذ يقود هذا الخطأ إلى حساب القيمة السوقية للمدافع مرتين، ويجعل المقارنةَ تنحاز إلى جانب المتحدي.

لا يجوز إضافة الكلفة غير التكرارية (أي $MV - BV < 0$) المرافقة للاحتفاظ بالمدافع، إلى سعر شراء أفضل الحلول المتحدية. يؤدي هذا الخطأ إلى غرامة غير صحيحة، تجعل التحليل ينحاز إلى جهة الاحتفاظ بالمدافع.

لاحظنا، في الفقرة 6.9، أن العمر الاقتصادي للمدافع هو عام واحد غالباً ، ويصح ذلك عموماً إذا كانت النفقات السنوية مرتفعة، نسبةً إلى كلفة الاستثمار في المدافع عند استخدام وجهة النظر الخارجية. ولذا، لا يجوز مقارنة الكلفة الحدية للمدافع بالكلفة EUAC عند العمر الاقتصادي للمتحدي، بغية الإجابة على السؤال الأساسي "هل يجب الاحتفاظ بالمدافع لعام أو أكثر، أم تنسيقه الآن؟". ويوضح (الشكل 6.9) الشكل النموذجي للكلفة EUAC للمدافع والمتحدي.



الشكل 6.9: الشكل النموذجي للكلفة EUAC للمدافع والمتحدي.

ويجب عدم إهمال تأثيرات ضريبة الدخل على قرارات الاستبدال. فقد تبعد أرصدة ضريبة الدخل المفقودة، والتـي ترافق الاحتفاظ بالمدافع، التفضيلَ الاقتصادي عن المدافع، وتمنح إذن المتحدي فرصةً أفضل.

يجب تحديد أفضل الحلول المتحدية المتاحة ويؤدي إخفاق ذلك إلى ممارسة هندسية غير مقبولة.

وقد يكون لأي زيادة في الإمكانات، والموثوقية، والمرونة، والأمان ونحو ذلك، للمتحدي قيمة للمالك، وينبغي إذن عدّها كمنفعة بالدولار، إذا أمكن التعبير عنها بالدولار. وإلا، تُعالج هذه القيمة كمنفعة غير نقدية.

13.9 المراجع

BARISH, N. N., and S. KAPLAN. *Economic Analysis for Engineering and Managerial Decision Making* (New York: McGraw-Hill Book Co., 1978).

BEAN, J. C., J. R. LOHMANN, and R. L. SMITH. "A Dynamic Infinite Horizon Replacement Economy Decision Model," *The Engineering Economist*, vol. 30, no. 2, 1985, pp. 99–120.

BERNHARD, R. H. "Improving the Economic Logic Underlying Replacement Age Decisions for Municipal Garbage Trucks: Case Study," *The Engineering Economist*, vol. 35, no. 2, Winter 1990, pp. 129–147.

HARTMAN, J. C. "A General Procedure for Incorporating Asset Utilization Decisions into Replacement Analysis," *The Engineering Economist*, vol. 44, no. 3, 1999, pp. 217–238.

LAKE, D. H., and A. P. MUHLEMANN. "An Equipment Replacement Problem," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 30, no. 5, 1979, pp. 405–411.

LEUNG, L. C., and J. M. A. TANCHOCO. "Multiple Machine Replacement within an Integrated Systems Framework," *The Engineering Economist*, vol. 32, no. 2, 1987, pp. 89–114.

MATSUO, H. "A Modified Approach to the Replacement of an Existing Asset," *The Engineering Economist*, vol. 33, no. 2, Winter 1988, pp. 109–120.

MORRIS, W. T. *Engineering Economic Analysis* (Reston, VA: Publishing Co., 1976).

NAIK, M. D., and K. P. NAIR. "Multistage Replacement Strategies," *Journal of the Operations Research Society of America*, vol. 13, no. 2, March–April 1965, pp. 279–290.

OAKFORD, R. V., J. R. LOHMANN, and A. SALAZAR. "A Dynamic Replacement Economy Decision Model," *IIE Transactions*, vol. 16, no. 1, 1984, pp. 65–72.

PARK, C. S., and G. P. SHARP-BETTE. *Advanced Engineering Economics* (New York: John Wiley & Sons, 1990).

14.9 مسائل

يشير الرقم بين القوسين ( )، الذي يلي كل مسألة، إلى الفقرة الذي أُخذت منها.

1.9 وُضعت شاحنة رافعة صناعية في الخدمة منذ عدة سنوات، وتبحث الإدارة حالياً في الاستعاضة عنها. يُستخدم أفق تخطيط لخمس سنوات في دراسة الاستبدال. تبلغ قيمة السوق الحالية للرافعة القديمة (الحل المدافع) 1,500 دولار. وفي حال الاحتفاظ بالرافعة، تُقدَّر تكاليف التشغيل والصيانة السنوية بقيمة 7,300 دولار. وبعد خمس سنوات خدمة إضافية، ستكون قيمتها السوقية معدومة. إن كلفة الرافعة الجديدة (الحل المتحدي) هي 10,000 دولار، وتحتاج إلى نفقات تشغيل وصيانة قدرها 5,100 دولار. وفي نهاية مدة الدراسة، تصبح قيمتها السوقية 2,500 دولار. حدِّد الحل الأفضل من حيث القيمة الحالية، وبافتراض أن القيمة الدنيا المقبولة لمعدل العائد هي 20% سنوياً (قبل الضرائب) (4.9).

2.9 لنفترض أن لدينا سيارة قديمة، وهي شديدة الاستهلاك للوقود، يبلغ عمر هذه السيارة 10 أعوام ويمكن بيعها لموزِّع محلي بقيمة 400 دولار نقداً. نفترض أن قيمتها السوقية بعد عامين من الآن معدومة. تصل نفقات الصيانة السنوية إلى قيمة 800 دولار وسطياً في المستقبل القريب. وتقطع السيارة وسطياً مسافة 10 أميال فقط لكل غالون. تُقدَّر كلفة الوقود بقيمة 1.50 دولار للغالون، ونفترض أننا نسير مسافة 15,000 ميل سنوياً. تُتاح لنا فرصة الآن للاستعاضة عن السيارة القديمة بسيارة أفضل، كلفتها 8,000 دولار. إذا اشتُريت السيارة، ينبغي تسديد ثمنها نقداً. ونظراً إلى كفالة السيارة مدة عامين، تُهمل نفقات الصيانة. تقطع هذه السيارة 30 ميلاً بالغالون الواحد. استخدم الطريقة IRR لتحديد الحل الواجب انتقاؤه. استخدم تحليلاً لمدة سنتين، وافترض أن بالإمكان بيع السيارة الجديدة بقيمة 5,000 دولار بعد نهاية العام الثاني. ليكن المعدل MARR هو 15% سنوياً. يمكن وضع أي فرضيات لازمة أخرى (4.9).

3.9 تملك الشركة AJAX آلة رافعة بقي من عمرها 10 سنوات. يمكن بيع الرافعة الآن بسعر 8,000 دولار. إذا بقيت الرافعة في الخدمة، ينبغي ترميمها فوراً بكلفة 4,000 دولار. وتصل نفقات التشغيل والصيانة إلى 3,000 دولار سنوياً بعد ترميمها. وسيكون للرافعة المرمَّمة قيمة سوقية معدومة بعد نهاية العام العاشر للدراسة. إن كلفة الرافعة الجديدة هي 1,8000 دولار، وتصبح قيمتها بعد انقضاء 10 سنوات 4,000 دولار.

تُقدَّر تكاليف الصيانة والتشغيل للرافعة الجديدة بقيمة 1,000 دولار سنوياً. تستخدم الشركة معدل فائدة قبل الضرائب قدره 10% سنوياً، لتقدير حلول الاستثمار البديلة. هل يجب استبدال الرافعة القديمة؟ (4.9).

4.9

آ. أوجد العمر الاقتصادي للأصول ذات التدفقات النقدية المتوقعة التالية:

استثمار رأس المال = $5,000

القيمة السوقية = $0 (في كل وقت)

النفقات السنوية = $3,000 (نهاية العام 1)

$4,000 (نهاية العام 2)

$5,000 (نهاية العام 3)

$6,000 (نهاية العام 4)

معدل العائد الأدنى MARR = 0% سنوياً (5.9).

ب. أوجد العمر الاقتصادي للأصول ذات التدفقات النقدية التالية:

استثمار رأس المال = $10,000

القيمة السوقية = $10,000 (في كل وقت)

النفقات السنوية = $3,000 (نهاية العام 1)

$4,000 (نهاية العام 2)

$5,000 (نهاية العام 3)

$6,000 (نهاية العام 4)

ج. معدل العائد الأدنى (MARR) = 12% سنوياً (5.9).

5.9 اشترى روبرت وRobert Roe للتو سيارة مستعملة بقيمة 3,000 دولار. ولقد اقترح صديقه أن يحدد سلفاً مدة الاحتفاظ بالسيارة بحيث يضمن له الاقتصاد الأكبر. لقد قرر روبرت، بسبب تغير الطراز، عدم الاحتفاظ بالسيارة أكثر من 4 سنوات، وقدّر النفقات السنوية والقيم السوقية للسنوات من 1 إلى 4 كما يلي:

	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة
النفقات السنوية	$950	$1,050	$1,100	$1,550
القيمة السوقية بنهاية العام	2,250	1,800	1,450	1,160

إذا كان عائد رأس المال للسيد روبرت هو 12% سنوياً، ما هي السنة التي يجب عندها تنسيق السيارة (5.9).

6.9 تملك إحدى الأصول الحالية (الحل المدافع) قيمة سوقية حالية قدرها $87,000 (MV). اعتماداً على سوق المعدّات المستعملة، تُقدَّر القيم السوقية في نهاية السنوات الثلاث القادمة كما يلي: MV_1 = 76,000$، MV_2 = 60,000$، MV_3 = 40,000$، إن النفقات السنوية هي 18,000 دولار، وفق دولار العام 0 (الحالي)، ويُتوقع زيادة هذه النفقات بمعدل 4.1% سنوياً. إن المعدل MARR قبل الضرائب هو 10% سنوياً. يبلغ العمر الاقتصادي لأفضل الحلول المتحدية ست سنوات. وتبلغ كلفته المنتظمة EUAC القيمة 44,210 دولار. اعتماداً على هذه المعلومات، وبإجراء تحليل قبل

الضرائب، متـــى يجب تخطيط الاستعاضة عن المدافع بالمتحدي (7.9, 6.9).

7.9 يُدرس استبدال آلة تخطيط Planing في شركة المفروشات Reardorn (وثمة طلب مستقبلي غير محدود لهذا النوع من الآلات). تصل كلفة الحل المتحدي الأفضل إلى 30,000 دولار، عند تركيبه، وعمره الاقتصادي المتوقع هو 12 عام، وقيمته السوقية 2,000 دولار في ذلك الوقت. يُقدَّر أن النفقات السنوية تبلغ 16,000 دولار سنوياً. إن القيمة الدفترية الحالية للحل المدافع هي 6,000 دولار، وقيمته السوقية 4,000 دولار. تُعطى معطيات المدافع للسنوات الثلاث القادمة كما يلي:

السنة	القيمة السوقية في نهاية العام	القيمة الدفترية في نهاية العام	النفقات أثناء العام
1	$3,000	$4,500	$20,000
2	2,500	3,000	25,000
3	2,000	1,500	30,000

آ. باعتماد معدل فائدة قبل الضرائب قدره 15% سنوياً، اجرِ مقارنة لتحديد ضرورة القيام بالاستبدال الآن من الناحية الاقتصادية.

ب. قُدِّرت النفقات السنوية للآلة الحالية بقيمة 1,5000 دولار، 1,8000 دولار، 23,000 دولار في السنوات الأولى والثانية والثالثة على الترتيب. ما هي استراتيجية الاستبدال المنصوح بها؟ (7.9, 6.9).

8.9 تملك شركة بناء جراراً يُستخدم في الأعمال الشاقة. تبلغ قيمته السوقية الحالية (MV) 8,0000 دولار. يبين (الجدول P9.8a) تقديرات نفقات التشغيل والصيانة، وقيمته السوقية في نهاية السنوات الست المتبقية من عمره المجدي.

الجدول P9.8a: نفقات التشغيل والصيانة للجرار المذكور في المسألة 9-8

	نهاية العام k					
	1	2	3	4	5	6
نفقات التشغيل والصيانة	$20,000	$25,000	$38,000	$45,000	$47,000	$50,000
القيمة السوقية	70,000	60,000	50,000	40,000	30,000	20,000

تدرس الشركة إمكانية اقتناء جرار جديد للأعمال الشاقة بدلاً من الجرار القديم. يبلغ ثمن شراء الجرار الجديد 220,000 دولار. ويبين (الجدول P9.8b) نفقات التشغيل والصيانة والقيم السوقية المتعلقة بكل عام من الأعوام الستة القادمة المشمولة في الدراسة.

إذا كان المعدل MARR = 0% سنوياً، هل يجب شراء الجرار الجديد؟ وإذا كان الأمر كذلك، متـــى يجب شراؤه؟ (6.9, 9-5).

الجدول P9.8b: سعر الشراء الجديد، ونفقات التشغيل والصيانة والقيمة السوقية للمسألة 9-8.

	نهاية العام k					
	1	2	3	4	5	6
نفقات التشغيل والصيانة	$10,000	$12,000	$16,000	$17,000	$20,000	$25,000
القيمة السوقية	180,000	150,000	120,000	100,000	90,000	75,000

9.9 يُستخدم ذراع آلي في مخبر مواد لتداول العينات السيراميكية في بيئة مرتفعة الحرارة، وذلك أثناء الاختبار. ونظراً إلى حاجات المستهلك المتغيرة، لن يلائم الذراع الحالي متطلبات الخدمة المستقبلية ما لم يرقَّ بذراع كلفته 2,000 دولار.

وبسبب هذه الحالة، انتُقي ذراع آلي جيد بتقانة متقدمة كبديل محتمل للذراع الحالي. حُسبت التقديرات المرافقة بالاعتماد على المعلومات التـــي قدّمها بعض المستخدمين الحاليين للذراع الآلي الجديد، وعلى المعطيات التـــي حُصل عليها من المنتِج. إن المعدل MARR للشركة قبل الضرائب هو 25% سنوياً. استناداً إلى هذه المعلومات، هل يجب استبدال الذراع الحالي؟ نفترض أننا نحتاج إلى هذه الذراع خلال مدة غير محددة (4.9 ,7.9).

	المدافع
القيمة السوقية الحالية	$38,200
كلفة الترقية	2,000
النفقات السنوية	$1,400 في العام 1، وهي تزداد بمعدل 8% سنوياً
العمر المجدي (سنة)	6
القيمة السوقية في نهاية العمر المجدي	-$1,500
	المتحدي
سعر الشراء	$51,000
كلفة التركيب	$5,500
النفقات السنوية	$1,000 في السنة الأولى، وتزداد بمقدار $150 سنوياً
العمر المجدي (بالسنوات)	10
القيمة السوقية في نهاية العمر المجدي	$7,000

10.9 رُكّبت آلة ديزل (الحل المدافع) منذ 10 سنوات بكلفة 50,000 دولار. وتُقدّر قيمة السوق الحالية بمبلغ 14,000 دولار. وفي حال الاحتفاظ بالآلة، يُتوقع بقاؤها 5 سنوات إضافية، وهي تحتاج إلى نفقات سنوياً بقيمة 14,000 دولار، ولها قيمة سوقية قدرها 8,000 دولار في نهاية السنوات الخمس. يمكن الاستعاضة عن هذه الآلة بنسخة محسّنة، بكلفة 65,000 دولار، وعمرها المتوقع هو 20 عام. للمتحدي نفقات سنوية بمقدار 9,000 دولار، وقيمة سوقية نهائية قدرها 13,000 دولار. ويُفترض أننا نحتاج إلى هذه الآلة على نحو غير محدود، ولن تتأثر نتائج الدراسة الاقتصادية بضرائب الدخل. إذا كان المعدل MARR قبل الضرائب 15% سنوياً، اجرِ تحليلاً لتحديد ضرورة الاحتفاظ بالآلة أو استبدالها (4.9 ,7.9).

11.9 يجب تدعيم معبر مشاة فولاذي أو استبداله. تُقدّر كلفة التدعيم بقيمة 22,000 دولار، وبهذا المبلغ يصبح المعبر مناسباً لخدمة خمس سنوات إضافية. إذا نُسّق المعبر الآن، فإن قيمة الفولاذ تتجاوز كلفة إزالته بمبلغ 1,4000 دولار. وفي حال تدعيمه، تُقدّر قيمة الإنقاذ الصافية (في السوق) بـــ 16,000 دولار، عند إخراجه من الخدمة. ويتوفر معبر خرسانـــي مسبق الاجتهاد، بكلفة 14,0000 دولار، وهو يفي بالمتطلبات اللازمة لمدة 40 عام. ليس لهذا التصميم قيمة سوقية أو قيمة مستخلصة scrap. ويُقدّر تجاوز النفقات السنوية للمعبر المدَّعم نفقات المعبر الخرسانـــي بقيمة 32,00 دولار. نفترض أن لاستثمار رأس المال كلفة قدرها 10% سنوياً، وأن الولاية لا تدفع أي ضرائب. بماذا تنصح؟ (4.9 ,7.9).

12.9 تتسم مضخة نابذة تجارية صغيرة، عالية السرعة بالتدفقات النقدية الصافية وبقيم التخلي المبينة في (الجدول P9.12) خلال عمرها المجدي.

الجدول **P9.12**: **التدفقات النقدية وقيم التخلي للمسألة 9-12**

	نهاية العام				
	1	2	3	4	5
الإيرادات السنوية المنقوصة النفقات	$2,000	$2,000	$2,000	$2,000	$2,000
قيمة التخلي عن الآلة [a]	$6,200	$5,200	$4,000	2,200	0

[a] القيمة السوقية المقدّرة.

إن معدل الشركة MARR هو 10% سنوياً، حدّد الوقت الأمثل للتخلي عن المضخة النابذة، إذا اشتُريت بثمن 7,500 دولار، و لم تُستخدم لأكثر من 5 سنوات (8.9).

13.9 ليكن لدينا تجهيزات معينة، ذات كلفة ابتدائية قدرها 8,000 دولار، ولها النفقات السنوية والقيم السوقية التالية:

نهاية العام k	النفقات السنوية	القيمة السوقية MV بنهاية العام
1	$3,000	$4,700
2	3,000	3,200
3	3,500	2,200
4	4,000	1,450
5	4,500	950
6	5,250	600
7	6,250	300
8	7,750	0

إذا كان المعدل MARR بعد الضرائب 7% سنوياً، حدّد العمر الاقتصادي بعد الضرائب للتجهيزات. يُستخدم الاهتلاك MACRS (GDS) (صف الممتلكات ذات السنوات الخمس). إن المعدل الفعال لضريبة الدخل هو 40% (9.9).

14.9 يُدرس أحد الأصول الحالية بغرض احتمال استبداله. فقد اشتُريت قبل 4 أعوام بكلفة 62,000 دولار، واستُهلكت وفق النظام MACRS (GDS) كأصول تنتمي إلى صف الممتلكات ذات الأعوام الخمسة. إن القيمة السوقية للمدافع هي 12,000 دولار، ويُقدّر عمرها المجدي المتبقي بأربع سنوات ولكنها تحتاج إلى بعض أعمال الإصلاح (بقيمة 4,000 دولار تُدفع مرة واحدة) لضمان استمرارها بخدمة تكافئ الحل المتحدي. إن المعدل الفعال الحالي لضريبة الدخل هو 39% والمعدل MARR بعد الضرائب هو 15% سنوياً. استناداً إلى وجهة النظر الخارجية، ما هو الاستثمار الابتدائي بعد الضرائب للحل المدافع في حال الاحتفاظ به (وعدم استبداله الآن)؟ (9.9).

السنة	القيمة الحالية للتدفق النقدي بعد الضرائب حتى العام k (PW_k)	
	المدافع	المتحدي
1	−$14,020	−$18,630
2	−$28,100	−34,575
3	−43,075	−48,130
4		−65,320
5		−77,910

15.9 تُعطى القيمة الحالية PW_k للتدفقات النقدية بعد الضرائب حتـــى العام k للمدافع (خلال 3 أعوام من عمره المجدي الباقي)، وللمتحدي (خلال 5 أعوام من عمره المجدي) في الجدول السابق:

لنفترض أن المعدل MARR بعد الضرائب هو 12% سنوياً. اعتماداً على هذه المعلومات:

آ. ما هو العمر الاقتصادي والكلفة السنوية المنتظمة المكافئة EUAC، عندما يكون: $k = N^*_{AT}$ للمدافع والمتحدي؟ (5.9 و6.9).

ب. متـــى يجب الاستعاضة عن المدافع بالمتحدي (اعتماداً على التحليل الحالي)؟ ولماذا؟ (6.9 و7.9).

ج. ما هي الفرضية (أو الفرضيات) الموضوعة للإجابة على السؤال (ب)؟

16.9 اشترت الشركة Attaboy Lawn Mower، منذ 4 سنوات، بعض التجهيزات لخط التجميع فيها. وبسبب ارتفاع تكاليف صيانة هذه التجهيزات، تُدرس مسألة الاستعاضة عنها بتجهيزات جديدة. يقدم الجدول التالي معلومات المدافع (التجهيزات الحالية) والمتحدي:

المدافع	المتحدي
الكلفة الابتدائية = 9000$	كلفة الشراء = 13000$
الصيانة = 300$ في العام الأول من الاستخدام قبل 4 أعوام، وهي تزداد بنسبة 10% سنوياً بعدئذ.	الصيانة = 100$ في السنة الأولى، وهي تزداد بنسبة 10% سنوياً بعدئذ.
الاهتلاك وفق MACRS (ADS) مع مدة استرجاع قدرها 9 سنوات	الاهتلاك وفق MACRS (ADS) وفق صف الممتلكات ذات السنوات الخمس.
القيمة السوقية = 0 بعد 5 سنوات من الآن.	= 3000$ في نهاية السنة الخامسة

نفترض أن قيمة السوق المتاحة حالياً للمدافع هي 3,200 دولار. قم بتحليل بعد الضرائب باستخدام معدل بعد الضرائب MARR قدره 10% سنوياً، وبافتراض أن مدة التحليل 5 سنوات، لتحديد الحل البديل الواجب انتقاؤه. إن المعدل الفعال لضريبة الدخل هو 40% (9.9).

17.9 يُبحث في أمر الاحتفاظ ببعض التجهيزات أو استبدالها بمعدّات أحدث وأكثر إنتاجية، كلفتها 8,0000 دولار ولها قيمة سوقية قدرها 20,000 دولار في نهاية عمرها المجدي البالغ 6 سنوات. يحتاج تركيب المعدات الجديدة إلى مبلغ 3,000 دولار ولا يضاف ذلك إلى استثمار رأس المال، بل يُعدّ من جملة نفقات التشغيل في السنة الأولى. تُستهلك المعدات وفق النظام MACRS (GDS) (وهو صف الممتلكات ذات السنوات الخمس). تقلّص التجهيزات الجديدة التكاليف المباشرة (اليد العاملة والصيانة وإعادة العمل) بقيمة 1,0000 دولار في السنة الأولى، ويُتوقع زيادة هذا المبلغ بمعدل 500 دولار سنوياً بعد ذلك، خلال مدة الدراسة الممتدة على 6 سنوات. ومن المعروف أن القيمة الدفترية للآلة القديمة المستهلكة كلياً هي 1,0000 دولار، ولكن قيمتها السوقية العادلة الحالية هي 14,000 دولار. تصبح القيمة السوقية للآلة القديمة معدومة خلال 6 سنوات. إن المعدل الفعال لضريبة الدخل هو 40% (9.9).

آ. حدِّد التدفق النقدي التزايدي المأمول، والمرافق للتجهيزات الجديدة، في حال الاعتقاد بأن الآلة الحالية ستؤدي عملاً مناسباً خلال 6 سنوات إضافية.

ب. لنفترض أن المعدل MARR بعد الضرائب هو 12% سنوياً. اعتماداً على الطريقة ERR، هل ينبغي الاستعاضة عن المدافع بالمتحدي؟ افترض أن ε = MARR.

18.9 أنشأت شركةٌ، قبل 10 سنوات، منشأةً بكلفة 400,000 دولار في منطقة معينة، تطورت بعدئذ لتصبح موقعاً رئيسياً للبيع بالتجزئة. وعند إنشاء المنشأة، قُدِّر أن عمرها الاستهلاكي هو 20 عام لتصبح قيمتها السوقية معدومة، وفق مخطط اهتلاك بالنسبة الثابتة. ترى الشركة الآن أن من المناسب نقل المنشأة إلى موقع أقل اكتظاظاً، وهي قد تبيع المنشأة القديمة بمبلغ 250,000 دولار.

وقد تصل كلفة المنشأة الجديدة في الموقع المطلوب إلى 500,000 دولار، وهي من صف الممتلكات ذات السنوات العشر MACRS (GDS). وثمة اقتصاد سنوي في النفقات يصل إلى 4,000 دولار سنوياً. تمثل الضرائب والتأمينات للمنشأة القديمة 5% سنوياً من استثمار رأس المال الابتدائي. في حين لا تمثل تلك النفقات بالنسبة للمنشأة الجديدة أكثر من 3% سنوياً من استثمار رأس المال. إن مدة الدراسة هي 10 أعوام والقيمة السوقية للمنشأة الجديدة بعد 10 أعوام هي 200,000 دولار. يبلغ معدل ضرائب الدخل للشركة 40%، وعائد رأس المال بعد الضرائب 12% سنوياً. بمَ تنصح اعتماداً على تحليل بعد الضرائب IRR؟ (9.9).

19.9 استخدم طريقة القيمة الحالية لانتقاء أفضل الحلول البديلة التالية:

النفقات السنوية	المدافع A	المتحدي B
اليد العاملة	$300,000	250,000
المواد	250,000	100,000
التأمينات وضرائب الأملاك	4% استئجار رأس المال الابتدائي	لا يوجد
الصيانة	$8,000	لا يوجد
كلفة الاستئجار	لا يوجد	$100,000

لنفترض أن الحل المدافع قد رُكِّب قبل 5 سنوات، وأنه من الممتلكات المستهلكة على سبع سنوات MACRS (GDS). إن المعدل MARR بعد الضرائب هو 10% سنوياً، والمعدل الفعال لضرائب الدخل هو 40% (9.9, 10.9).

تعريف البدائل:

A: الاحتفاظ بالآلة الحالية (الحل المدافع) في حالة خدمة لمدة 8 سنوات إضافية.

B: بيع المدافع واستئجار آلة جديدة (الحل المتحدي) لمدة 8 سنوات.

الحل A (معلومات إضافية):

كلفة المدافع قبل 5 سنوات : 500,000 دولار

القيمة الدفترية الحالية : 111,550 دولار

قيمة السوق المقدرة بعد 8 سنوات من الآن : 50,000 دولار

القيمة السوقية الحالية : 150,000 دولار

20.9 لنفترض أننا نرغب في إجراء تحليل بعد الضرائب للحالة المذكورة في المسألة 10.9. يُستهلك المدافع بطريقة النسبة الثابتة خلال 15 عام، وتُقدّر القيمة السوقية بمبلغ 8,000 دولار لأغراض الاهتلاك. ولنفترض أنه في حال الاستبدال، يُستهلك المتحدي كالأصول التي تنتمي إلى صف الأملاك ذات السنوات الخمس وفق الطريقة MACRS (GDS). ونفترض أيضاً أن معدل ضريبة الدخل الفعلي هو 40%. استخدم طريقة القيمة السنوية AW لتحديد إذا كان الاستبدال سيحقق قيمة قدرها 10% سنوياً للمعدل MARR بعد الضرائب أو أكثر (7.9, 9.9).

21.9 اشتُريت آلة قبل 4 سنوات، واستُهلكت وفق النظام MACRS (ADS) خلال مدة استرجاع تمتد على 5سنوات. الكلفة الابتدائية هي 150,000 دولار، وقد تستمر الآلة في الخدمة الفعلية مدة 10 سنوات أو أكثر. تُتاح حالياً آلة جديدة بكلفة 100,000 دولار فقط. ويمكن أن تُستهلك بطريقة MACRS (GDS) (صف الأملاك ذات السنوات الخمس). تبلغ النفقات السنوية للمتحدي 5,000 دولار، وللمدافع 20,000 دولار. ويزيد العمر المجدي للمتحدي على عشر سنوات. إذا بيعت الآلة الحالية الآن، فأفضل سعر لها هو 40,000 دولار. ويُتوقع، في أفضل الحالات، الحاجة مستقبلاً إلى آلة أو آلتين خلال السنوات الخمس المقبلة. تُقدَّر القيمة الحالية للمدافع بمبلغ 2,000 دولار بعد 5 سنوات، وللمتحدي بمبلغ 5,000 دولار بعد خمس سنوات أيضاً. إذا كان المعدل MARR هو 10% سنوياً، هل يجب بيع المدافع وشراء المتحدي؟ لا نحتاج إلى توفر الاثنين معاً. نفترض أن معدل ضرائب الدخل الفعلي للشركة هو 40%. (9.9).

22.9 رَكّبت إحدى شركات الطيران سيراً نقالاً في أحد المطارات لحمل البضائع، وذلك قبل 5 أعوام. وكانت تعلم أنه بعد بضع سنين ستنقل هذا السير. إن كلفة التركيب الابتدائية هي 120,000 دولار، وكانت الشركة قادرة على استهلاك القيمة الكلية بواسطة طرائق الاهتلاك السريع. وترى الشركة اليوم أن كلفة نقل السير النقال أو ترقيته هي 40,000 دولار. ويمكن الاهتلاك هذه الكلفة لرأس المال خلال 6 سنوات مقبلة (الطريقة ADS-MACRS) باعتماد أنصاف الأعوام ومدة استرجاع تمتد على 5 سنوات. وتعتقد الشركة أن هذه المدة تقدير جيد للعمر المفيد المتبقي من النظام، في حال استبعاده. ويُتاح أمام الشركة حل بديل آخر. فهي تستطيع شراء نظام سير نقال أكثر فعالية بكلفة تركيب 120,000 دولار، ويؤدي النظام الجديد إلى تقليص النفقات السنوية بمقدار 6,000 دولار، وفق دولار السنة 0. ويُتوقع تصعيد النفقات السنوية بمعدل 6% سنوياً. يُفترض أن النظام الجديد من صف الأملاك ذات السنوات الخمس وفق النظام MACRS (GDS)، وتبلغ قيمته السوقية المقدرة بعد 6 سنوات من الآن 50% من كلفة التركيب. ويُتوقع زيادة القيمة السوقية بمعدل 3% سنوياً. ولقد قدمت شركة طيران صغيرة، تسعى إلى شَغل الموقع الحالي، عرضاً لشراء السير القديم بقيمة 90,000 دولار.

تبلغ قيمة ضرائب الأملاك السنوية والتأمينات على التجهيزات الحالية 1,500 دولار، ويُتوقع ازديادها إلى 1,800 دولار، إذا نُقلت هذه التجهيزات ورُقّيت. وتُقدّر هذه النفقات للتجهيزات الجديدة بمبلغ 2,750 دولار سنوياً. وتتساوى بقية النفقات تقريباً للحلين الباقيين. يبلغ معدل ضرائب الشركة 40%. ترغب الشركة في الحصول على عائد بعد الضرائب على أي رأس مال مستثمَر بنسبة 10% سنوياً على الأقل. بمَ تنصح؟ (9.9, 10.9).

23.9 تملك شركةُ تصنيع بعضَ تجهيزات الإنتاج نصف الآلية، وهي تدرس إمكان استبدالها. إن القيمة السوقية الحالية لهذه التجهيزات هي 57,000 دولار، وقيمتها الدفترية 27,000 دولار. وهي ستُستهلك خلال خمس سنوات قادمة في ظل النظام MACRS (ADS)، بقيمة 6,000 دولار سنوياً لأول 4 أعوام، وبقيمة 3000 دولار في السنة الخامسة. (إن مدة الاسترجاع الأصلية هي 9 سنوات). إن القيمة السوقية الحالية للتجهيزات بعد 5سنوات من الآن (وفق دولار العام 0) هي 18,500 دولار. ويصل معدل الزيادة الوسطي للقيمة السوقية لهذه التجهيزات إلى 3.2% سنوياً. وتبلغ النفقات السنوية الكلية 27,000 دولار سنوياً.

يمكن استئجار بعض التجهيزات الآلية البديلة. وتبلغ النفقات السنوية للتجهيزات الجديدة 12,200 دولار سنوياً.

إن تكاليف الاستئجار السنوية هي 24,300 دولار. ويبلغ المعدل MARR (بعد الضرائب) 9% سنوياً، $t = 40\%$، ومدة التحليل 5 سنوات (تذكرة: يُدخل المالكُ تكاليفَ الاستئجار والاهتلاك في نفقات التشغيل).

اعتماداً على تحليل بعد الضرائب، بالدولار الفعلي، هل ينبغي استئجار التجهيزات الجديدة؟ اعتمد في الإجابة على المعدل IRR للتدفق النقدي التزايدي (9.9 ,10.9).

24.9 تبحث شركة في استبدال آلة ذات مغزل وحيد (الحل المتحدي) بآلة خراطة (الحل المدافع). اشتُريت الآلة الحالية قبل 4 أعوام بقيمة 80,000 دولار، واعتمد استهلاكها على حسابات النظام MACRS (GDS) الخاصة بصف الممتلكات ذات السنوات الخمس. يمكن بيع هذه الآلة الآن بقيمة 15,000 دولار، ولكن في حال الاحتفاظ بها، ستعمل بكيفية ملائمة لأربع سنوات إضافية، لتصبح قيمتها السوقية معدومة. يُقدَّر العمر المجدي للآلة الجديدة بعشر سنوات. وقد يُستخدم الاهتلاك MACRS (GDS) (صف الممتلكات ذات السنوات الخمس). وهي تحتاج إلى حضور العامل بنسبة 50% فقط، والذي يكلف 12 دولار/ساعة سنوياً. للآلتين إمكانات متساوية، ويمكن أن تعملا 8 ساعات يومياً، وبمعدل 250 يوم سنوياً. تُقدّر نفقات الصيانة للآلة الحالية بمبلغ 3,000 دولار سنوياً، وتُقدّر نفقات الآلة الجديدة بمبلغ 1,500 دولار سنوياً. وتمثل الضرائب والتأمينات على استثمار رأس المال الابتدائي 2% سنوياً. إذا كان عائد رأس المال بعد الضرائب للشركة هو 10% سنوياً، ومعدل ضريبة الدخل للشركة هو 40%، ما هو الثمن الأعظم الممكن دفعه للآلة الجديدة؟ افترض أن مدة التحليل هي 4 أعوام وأن القيمة السوقية (الفصل 5) للمتحدي في نهاية السنوات الأربع معدومة (9.9).

25.9 *حالة استحثاث للتفكير*: ثمة زبونان يتطلبان خدمات كهربائية ثلاثية الأطوار، يقع الأول في الموقع *A*، ويقع الزبون الجديد في الموقع *B*. يُقدّر الحمل في الموقع بقيمة 110-kVA، وفي الموقع *B* بقيمة 280 kVA. يُتوقع ثبات الحملين مستقبلاً. ويتوفر في الموقع *A* سلفاً 3 محولات باستطاعة 100 kVA، وُضعت منذ بضعة أعوام، عندما كان الحمل أكبر. ولذا، هناك حلان بديلان:

الحل *A*: تركيب 3 محولات (جديدة) باستطاعة 100 kVA في الموقع *B* الآن، والاستعاضة عن محولات الموقع *A* بثلاثة محولات باستطاعة 37.5 kVA فقط، وإخراج المحولات الحالية من الخدمة.

الحل *B*: إزالة المحولات الثلاثة ذات الاستطاعة 100 kVA الآن من الموقع A، ووضعها ثانية في الموقع *B*، ثم تركيب 3 محولات (جديدة) باستطاعة 37.5 kVA في الموقع *A*.

الجدول P9.25: جدول المسألة 9-25.

	المحولات الحالية والجديدة	
	ثلاثة محولات باستطاعة 37.5-KVA	ثلاثة محولات باستطاعة 100-KVA
استثمار رأس المال		
التجهيزات	$900	$2,100
التركيب	$340	$475
ضريبة الأملاك	2% من استثمار رأس المال	2% من استثمار رأس المال
كلفة الإزالة	$100	$110
القيمة السوقية	$100	$110
العمر المجدي (سنة)	30	30

يقدم (الجدول P9.25) معطيات لكلا الحلين. إن العمر المتبقي للمحولات الحالية هو 10 سنوات. نفترض أن المعدل MARR قبل الضرائب هو 8% سنوياً. انصح بالفعل الواجب اتباعه بعد حساب المعيار المناسب لمقارنة هذين الحلين البديلين. اسرد كافة الفرضيات اللازمة بإهمال ضرائب الدخل (7.9).

معالجة عدم التأكد

يهدف هذا الفصل إلى تقديم ومناقشة الطرائق غير الاحتمالية، التـــي تفيد في تحليل النتائج الاقتصادية للمشاريع الهندسية التـــي تحمل سمة الارتياب.

يناقش هذا الفصل المواضيع التالية:

طبيعة المخاطرة، وعدم التأكد، والحساسية
مصادر عدم التأكد
تحليل الحساسية
تحليل التعادل
بيانيات الحساسية
تركيب العوامل
التقدير المتفائل والأكثر احتمالاً والمتشائم
المعدل MARR المسّوى بالمخاطر
تقليص العمر المجدي

1.10 مقدمة

لقد ذكرنا في الفصول السابقة فرضيات محددة عن إمكانية تطبيق الإيرادات والتكاليف والمقادير المهمة الأخرى في تحليلات الاقتصاد الهندسي. ولقد افتُرضت إمكانية الثقة إلى درجة بعيدة في جميع القيم المقدَّرة. تسمى درجة الثقة في بعض الأحيان *اليقين المفترض*. وتسمى القرارات التـــي تتخذ اعتماداً على هذا النوع فقط من التحليل *بالقرارات في ظل اليقين*. وقد يكون هذا المصطلح مضلِّلاً، إذ تندر الحالات التـــي نفترض فيها أفضل التقديرات للمقادير قيماً يقينية.

وفي جميع الحالات تقريباً، يُشك في النتائج الاقتصادية النهائية التـــي يُحصل عليها من مشروع هندسي. نفحص الآن التقنيات الممكن تطبيقها على الخطوة 5 من الإجراء أي الخطوات السبع، الواجب اتباعه في دراسات الاقتصاد الهندسي (الفصل 1). وإن الدافع وراء التعامل مع المخاطر والشكوك هو وضع حدود للخطأ في التقديرات، بحيث قد يصبح حلّ بديلٍ مدروس في هذه الظروف الخيارَ الأفضلَ من ذاك الذي قد يُنصح به في ظل اليقين المفترض.

2.10 ما هي المخاطرة وعدم التأكد والحساسية؟

يسبب *المخاطرةَ وعدمَ التأكد* في فعاليات اتخاذ القرار نقصُ المعرفة اليقينية بظروف الأعمال المستقبلية والتطورات التقانية وتآزر المشاريع المموَّلة، ونحو ذلك. إن القرارات في ظل المخاطرة هي *القرارات التـــي ينمذج* فيها المحلِّل مسألة القرار بدلالة النتائج المستقبلية الممكنة، أو السيناريوهات، التـــي يستطيع تقدير احتمال حدوثها. وبالمقابل، *فالقرار في*

ظل عدم التأكد هو مسألة اتخاذ قرار تتميز بعدم معرفة جوانب مستقبلية، لا يمكن تقدير احتمال حدوثها.

وفي الواقع، يُعدّ الفرق بين المخاطرة وعدم التأكد اعتباطياً إلى حد ما. ولقد أثبتت مدرسة تفكير معاصرة أن بالإمكان دوماً حساب احتمال النتائج المستقبلية المحتملة والممثلة حساباً موضوعياً[1]. ولذا، فمن غير المعقول القول: إن اتخاذ القرار في ظل المخاطرة هو إطار العمل الأكثر ملاءمة والأسهل إجراءً للتعامل مع نقص المعرفة الكاملة بالمستقبل. وعلى الرغم من التمييز التقنـي بين المخاطرة وعدم التأكد، فقد يؤدي كلاهما إلى اختلاف نتائج الدراسة عن التنبؤات، وليس هناك سبب وجيه غالباً يدعو إلى محاولة التعامل معهما تعاملاً مستقلاً. ولذا، يُستخدم المصطلحان *المخاطرة* وعدم التأكد في بقية هذا الكتاب تبادلياً.

المبدأ 6: اجعل عدم التأكد صريحاً (الفصل 1)

من المفيد غالباً، عند التعامل مع عدم التأكد، تحديد الدرجة التـي يؤثر فيها تغير التقديرات على قرار الاستثمار في رأس المال، أي تحديد مدى *حساسية* استثمار معين إلى تغير بعض العوامل الخاصة، التـي لا تُعرف يقيناً. إذا كان عامل معين، مثل عمر المشروع، أو الإيراد السنوي، يتغير تغيراً واسعاً، دون أن يؤثر على قرار الاستثمار، نُعت القرار المنشود بعدم حساسيته لذلك العامل. وبالمقابل، إذا أدى تغير بسيط في المطال النسبـي لعامل معين إلى عكس قرار الاستثمار، كان ذلك القرار حساساً جداً له.

في هذا الفصل، تُناقش التقنيات غير الاحتمالية التـي تأخذ عدم التأكد في حسبان تحليلات الاقتصاد الهندسي. يبين الفصل 13 استخدام النماذج الاحتمالية.

3.10 مصادر عدم التأكد

من المفيد النظر في بعض العوامل التـي تؤثر في عدم التأكد عند تحليل النتائج الاقتصادية المستقبلية لمشروع هندسي. وقد يكون مستحيلاً سرد كافة العوامل المحتملة ومناقشتها. ولكن تتوفر أربعة مصادر رئيسية لعدم التأكد وهي ماثلة دوماً في دراسات الاقتصاد الهندسي تقريباً.

المصدر الأول الدائم الحضور هو عدم الدقة الممكنة في *تقدير التدفق النقدي المستخدم في الدراسة*. إذا توفرت معلومات تمثل بعض المقادير مثل الإيرادات والنفقات، تحسنت الدقة الناتجة. ولكن إذا لم يُتح إلا النـزر اليسير من المعلومات التـي تستند إليها التقديرات، فقد تنخفض الدقة أو ترتفع.

يتعذر غالباً تحديد دقة التقديرات للتدفق النقدي الداخل. فإذا كانت تعتمد على تجارب سابقة أو إذا حُدِّدت باستطلاعات سوقية مناسبة، فيمكن الوصول إلى درجة موثوقية ملائمة فيها. ومن جهة أخرى، إذا اعتمدت على معلومات محدودة، ووُضع فيها قدر كبير من عنصر الأمل، فستحتوي على الأرجح جزءاً كبيراً من عدم التأكد.

ولكن ينبغي أن يؤدي الادخار في نفقات التشغيل الحالية إلى تقليص عدم التأكد. ومن الأسهل عادة تحديد مبلغ الادخار بسبب الخبرة الهائلة والتاريخ الماضي الذي تعتمد عليه التقديرات. وبالمماثلة، لا يجوز حدوث خطأ كبير في معظم تقديرات رأس المال المطلوب. ويُشار غالباً إلى عدم التأكد في استثمار رأس المال بالطوارئ *contingency* التـي تضاف إلى كلفة المنشأة والتجهيزات.

[1] R. Schlaifer: *Analysis of Decisions Under Uncertainty* (New york: McGraw-Hill, 1969).

المصدر الرئيسي الثانـــي الذي يؤثر في عدم التأكد هو نوع الأعمال المتعلقة بصحة الاقتصاد مستقبلاً. فبعض أنواع عمليات الأعمال أقل استقراراً من غيرها. وعلى سبيل المثال، تُعدّ معظم شركات المناجم أشد مخاطرة من تلك الشركات العاملة في المنازل المصنّعة. ولكن، لا نستطيع القول اعتباطاً إن الاستثمار في العمليات الأخيرة يؤدي إلى عدم تأكد أقل دوماً من الاستثمار في المناجم. وفي كل مرة يُستثمر فيها رأس المال في مشروع هندسي، ينبغي أخذ طبيعة الأعمال، والتوقعات بالشروط الاقتصادية المستقبلية (مثل معدلات الفائدة) في الحسبان عند إقرار الخطر الموجود.

المصدر الثالث الذي يؤثر في عدم التأكد هو *نوع المنشأة المادية والمعدّات اللازمة*. فبعض أنواع البنـــى والمعدات لها عمر اقتصادي وقيم سوقية محددة. ولا يُعرف الكثير عن الأعمار المادية أو الاقتصادية لبقية الأنواع، وليس لها أي قيمة عند إعادة بيعها تقريباً. فمن الممكن عموماً استخدام آلة جيدة للخراطة لأغراض متعددة في كل محل تصنيع تقريباً. وفي حال تصميم آلة خراطة لاستخدامها في عمل غير اعتيادي، ستكون مختلفة كلياً. إذ يعتمد كامل ثمنها تقريباً على الطلب لتحقيق المهمة الخاصة التـــي تستطيع أداءها. ولذا، يؤثر نوع الممتلكات المادية اللازمة على دقة نماذج التدفقات النقدية المقدَّرة. وعندما يلزم استثمار المال في منشأة وتجهيزات متخصصة، ينبغي دراسة هذا العامل دراسة متأنية.

المصدر الرئيسي لعدم التأكد، والواجب أخذه في الحسبان دوماً، هو *طول مدة الدراسة المستخدمة في التحليل*. ينبغي توفر الشروط المفروضة على التدفقات النقدية الداخلة والخارجة طوال مدة الدراسة بغية الحصول على عائد مناسب لاستثمار رأس المال. تنقص مدةُ الدراسة الطويلة بالطبع احتمالَ ظهور جميع هذه العوامل على النحو المقدَّر. ولذا، تزيد الدراسة ذات المدة الأطول، عند تماثل بقية العوامل، عدم التأكد في استثمار رأس المال.

4.10 تحليل الحساسية

من المفيد في التحليل الاقتصادي لمعظم المشاريع الهندسية تحديد مدى حساسية الحالة لعوامل متعددة، بحيث يمكن إيلاؤها عناية خاطئة في عملية القرار. تعنـــي *الحساسية* عموماً المطال النسبـــي لتغير المقياس المستحق (مثل القيمة الحالية أو المعدل IRR)، الذي ينتج عن تغير واحد أو أكثر في قيم العوامل المقدَّرة في الدراسة. وفي بعض الأحيان، تُعرَّف الحساسية تعريفاً أدق لتعنـــي المطال النسبـــي للتغير في عامل واحد أو أكثر، الذي يقود إلى عكس القرار بين مجموعة الحلول البديلة للمشروع، أو إلى عكس القرار المتعلق بقبول المشروع اقتصادياً.

في دراسات الاقتصاد الهندسي، يُعدّ تحليل الحساسية نهجاً عاماً غير احتمالي، وهو متاح فوراً، لتقديم المعلومات عن التأثير المحتمل لعدم التأكد في تقدير بعض العوامل. إن استخدامه الرتيب أمر أساسي لإنشاء المعلومات الاقتصادية المفيدة في عملية القرار.

كما ناقشنا في الفقرة السابقة (3.10)، تتوفر عدة مصادر محتملة تسهم في عدم التأكد بتقدير التدفق النقدي لمشروع هندسي. وتتغير العوامل المحددة مع كل مشروع، ولكن يحتاج عامل واحد أو أكثر عادة إلى تحليل إضافي قبل اتخاذ القرار المناسب. وللتعبير عن ذلك ببساطة، تركز دراسات الاقتصاد الهندسي على المستقبل، ولا يمكن تجنب عدم التأكد في بعض النتائج الاقتصادية المأمولة.

تُضمَّن عدة تقنيات عادة في مناقشة تحليل الحساسية في الاقتصاد الهندسي. وسنناقش هذا الموضوع بدلالة التقنيات الثلاث التالية:

1. *تحليل التعادل*: تُستخدم هذه التقنية استخداماً شائعاً عندما يَعتمد الخيار بين الحلول البديلة للمشروع، أو يعتمد القبول الاقتصادي للمشروع الهندسي، على عامل واحد غير مؤكد اعتماداً كبيراً، مثل انشغالية الإمكانات.
2. *بيانات الحساسية (المخططات العنكبوتية)*: تُستخدم هذه المقاربة عند الاهتمام بعاملين أو أكثر في المشروع، ويتطلب الأمر فهم حساسية مقياس الاستحقاق الاقتصادي لتغير قيم كل عامل منها.
3. *تركيب العوامل*: عندما نحتاج إلى اختبار التأثيرات المجتمعة لعدم التأكد في عاملين أو أكثر من عوامل المشروع، يمكن استخدام هذه المقاربة في التحليل. ويُنشأ عادة المخطط العنكبوتـي لتعرّف أشد العوامل حساسية أولاً، والمساعدة في تحديد تركيب (أو تركيبات) العوامل الواجب تحليلها.

1.4.10 تحليل التعادل

عندما يعتمد الانتقاء بين حلين بديلين لمشروع هندسي على عامل وحيد، اعتماداً كبيراً، نستطيع التحليل بحثاً عن قيمة العامل التـي تجعل الاستنتاج حيادياً. تسمى *القيمة بنقطة التعادل Break-even Point*، أي القيمة التـي يصبح الحلان متماثلين عندها (لقد نوقش استخدام نقاط التعادل فيما يتعلق بحجم الإنتاج والمبيعات في الفصل 2). وإذا كان التقدير الأفضل للنتيجة الفعلية للعامل المشترك أكبر أو أقل من نقطة التعادل، وبافتراض معروفة يقيناً، يصبح الحل الأفضل واضحاً.

ونكتب رياضياً ما يلي:

$$\mathrm{EW}_A = f_1(y) \text{ و } \mathrm{EW}_B = f_2(y)$$

حيث:

EW_A = حساب القيمة المكافئة للتدفق النقدي الصافي المرافق للحل A.

EW_B = حساب القيمة المكافئة للتدفق النقدي الصافي المرافق للحل B.

y = العامل ذو الأهمية المشتركة، الذي يؤثر في القيم المكافئة للحلين A وB.

ولذا، تمثل نقطة التعادل بين الحلين A وB قيمة العامل y التـي تتساوى عندها القيمتان المكافئتان. أي $\mathrm{EW}_A = \mathrm{EW}_B$ أو $f_1(y) = f_2(y)$، وينبغي حل ذلك بحثاً عن قيمة y.

وبالمماثلة، عندما يعتمد القبول الاقتصادي لمشروع هندسي على قيمة عامل وحيد، وليكن z، يمكن أن نجعل رياضياً القيمة المكافئة للتدفق النقدي الصافي للمشروع خلال مدة التحليل، معدومة (أي $\mathrm{EW}_P = f(z) = 0$). ثم نحل المعادلة بحثاً عن قيمة التعادل z. وهي عندئذ القيمة z التـي تجعلنا غير مكترثين (من الناحية الاقتصادية) بتنفيذ المشروع أو استبعاده. ولذا، إذا كان التقدير الأنسب للقيمة z أكبر أو أقل من قيمة نقطة التعادل، التـي نفترض أنها يقينية، أمكن معرفة القبول الاقتصادي للمشروع.

نضرب فيما يلي بعض الأمثلة على العوامل الشائعة التـي يمكن لتحليلات التعادل أن تقدم فيها رؤية واضحة في مسألة اتخاذ القرار:

1. *الإيراد السنوي والنفقات السنوية*: نحل المسألة بحثاً عن الإيراد السنوي اللازم لتغطية النفقات السنوية. يمكن أيضاً تحديد نفقات التعادل للحل البديل بمقارنة مماثلة، عندما تكون الإيرادات هي ذاتها للحلول البديلة المدروسة.
2. *معدل العائد*: نبحث هنا عن معدل العائد لرأس المال المستثمَر، بطريقة تزايدية، بحيث يجعل الحلين المدروسين متساويين

من الناحية الاقتصادية.

3. *قيمة السوق (الاسترداد):* نحل المعادلة بحثاً عن قيمة إعادة البيع المستقبلية التـي تؤدي إلى تساوي الحلول البديلة من حيث التفضيل.

4. *عمر المعدّة:* نحل المعادلة بحثاً عن العمر المجدي اللازم لمشروع هندسي ليكون مبرراً اقتصادياً.

5. *انشغالية الإمكانات:* نحل بحثاً عن ساعات الانشغال السنوية، مثلاً، التـي يُبرّر فيها اختيار حل معين، أو يتماثل الحلان بالنسبة إليها.

يمكن مقاربة مسألة التعادل الاعتيادية، التـي تتضمن اختيار أحد الحلين، مقاربةً رياضية بمساواة القيمة المكافئة للحلين البديلين، والمعبّر عنها كتابع للعامل المدروس. وباستخدام المقاربة ذاتها لمعرفة القبول الاقتصادي لمشروع هندسي، يمكننا رياضياً مساواة القيمة المكافئة لمشروع هندسي مع الصفر كتابع للعامل المنشود. وفي دراسات التعادل، قد تتساوى أعمار المشاريع أو تختلف، ولذا ينبغي الحذر عند تحديد أي الفرضيتين: الحدود المشتركة، أم التكرار، أشد ملاءمة للحالة المدروسة.

توضح الأمثلة التالية الحلول الرياضية والبيانية لمسائل التعادل النموذجية.

المثال 10-1

لنفترض توفر محركين كهربائيين يقدم كل منهما استطاعة خرج قدرها 100 حصان بخاري. يمكـن شراء المحرك (آ) بثمن 12,500 دولار، مردوده 74%، وعمره المجدي 10 سنوات، وتبلغ نفقات صيانته 500 دولار سنوياً. أما المحرك (ب) فثمنه 16,000 دولار، ومردوده 92%، وعمره المجدي 10 سنوات، ويحتاج إلى نفقات صيانة سنوية بقيمة 250 دولار. تمثل الضرائب ونفقات التأمينات السنوية 1.5% من الاستثمار. إذا كان معدل العائد الأدنـى MARR هو 15%، ما هو عدد الساعات سنوياً التـي يجب تشغيل المحركين أثناءها بالحمل الكامل لتتساوى التكاليف السنوية؟ نفترض أن القيم السوقية في نهاية السنة العاشرة مهملة للمحركين، وأن تكاليف الكهرباء 0.05 دولار لكل كيلو واط ساعة.

الحل الرياضي:

ملاحظة: 1 حصان بخاري = 0.746 kW. الدخل = الخرج / المردود. إذا كان X = عدد ساعات العمل في السنة، تُكتب مكونات القيمة المكافئة السنوية AW_{α} للمحرك (ا) كما يلي:

مقدار استرجاع رأس المال (دولار/سنة):

$$12{,}500\ (A / P,\ 15\%,\ 10) = 12{,}500(0.1993) = \$2{,}490$$

نفقات التشغيل للحصول على الاستطاعة (لكل عام):

$$100(0.746)(0.05)\ X/0.74 = 5.04X$$

نفقات الصيانة:

500 دولار سنوياً

الضرائب والتأمينات:

12,500 (0.015) = 187 دولار/سنة

وبالمماثلة، تُكتب مكونات القيمة المكافئة السنوية AW_β للمحرك (ب) كما يلي :

مقدار استرجاع رأس المال (دولار/سنة):

$$16,000(A / P, 15\%, 10) = 16,000(0.1993) = \$3.190$$

نفقات التشغيل للحصول على الاستطاعة المطلوبة (لكل عام):

$$100(0.746)(0.05)X/0.92 = 4.05X$$

نفقات الصيانة:

250 دولار سنوياً

الضرائب والتأمينات:

16,000(0.015) = 240 دولار/سنة

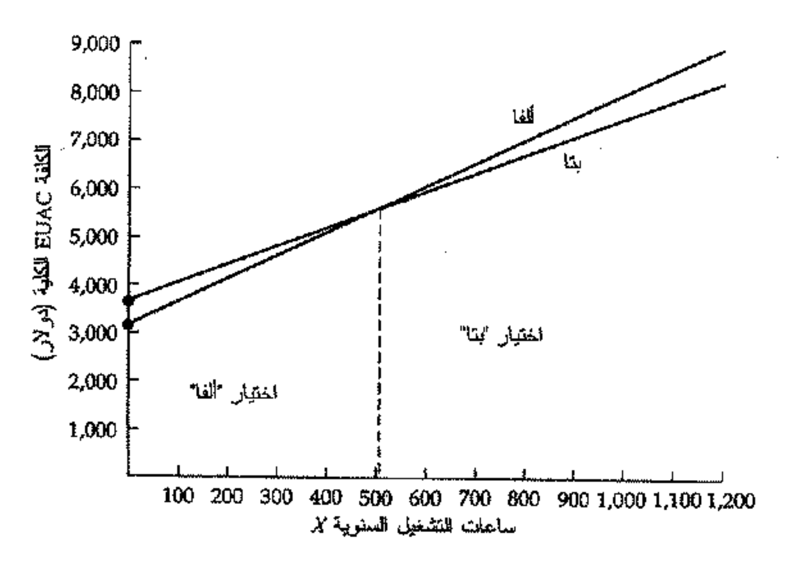
ولما كنا نتعامل مع التكاليف فقط في هذا المثال (تُفترض الإيرادات متساوية)، فإننا نستخدم مقياس الكلفة المكافئة المنتظمة السنوية EUAC للحل بحثاً عن نقطة التعادل.

وعند نقطة التعادل، يكون $EUAC_\beta = EUAC_\alpha$. ولذا:

$$2490 + 5.04X + 500 +187 = 3190 + 4.05X + 250 + 240$$

$$5.04\,X +3,177 = 4.05X + 3680$$

$X \simeq 508$ ساعة/سنة



الشكل 1.10: الرسم البيانـــي لنقطة التعادل للمثال 1.10

رسم الحل الرياضي بيانياً:

يبين (الشكل 1.10) الرسم البيانـــي للكلفة EUAC الكلية لكُل محرك كتابع لعدد ساعات التشغيل في السنة. تبلغ التكاليف السنوية الثابتة (التـــي تتصدى للكلفة EUAC) 3,177 دولار و3,680 دولار للمحركين (آ) و(ب) على الترتيب، وترتفع النفقات التـــي تتغير مباشرة مع ساعات العمل في السنة (ميل الخطين المستقيمين) إلى 5.04 دولار و 4.05 دولار للمحـــركين (آ) و(ب) على الترتيب (يمكن العودة إلى الحل الرياضي الســـابق). وبالطبع، فإن نقطة التعادل

هي قيمة المتحول المستقل X التـــي تتقاطع عندها توابع الكلفة EUAC الخطية للحلين البديلين (عند النقطة 508 ساعة/سنة تقريباً). ولذا، إذا كان التقدير الأفضل لساعات العمل السنوية > 508، فإن المحرك (ب) يصبح مفضلاً.

كانت ساعات العمل السنوية مقياس نشاط الأعمال في المثال 10-1، واستُخدمت كمتحول، نبحث عن قيمة تعادل له. وفي المثال 10-1، طُبِّق تحليل التعادل بسبب توفر حلين بديلين. ولكن، يمكن توسيع تحليل التعادل ليشمل عدة حلول بديلة، وهذا ما يوضحه المثالس 10-2.

المثال 10-2

تدرس شركة الخدمة البريدية الموحدةUPS إمكانية وضع محسِّات الرياح على 500 عنفة من عنفات المحركات الطويلة. تُدرس 3 أنواع من المحسات، بالمميزات التالية (MARR= 10% سنوياً).

	النوع 1 Windshear	النوع 2 Blowby	النوع 3 Air-vantage
استثمار رأس المال	$1,000	$400	$1,200
تقليص السحب	%20	%10	%25
الصيانة/السنة	$10	$5	$5
العمر المجدي	10 سنوات	10 سنوات	5 سنوات

إذا كانت نسبة تقليص السحب بمقدار 5% تعنـــي اقتصاد 2% من الوقود لكل ميل، ما هو عدد الأميال الواجب من أجله تشغيل المحركات سنوياً، ليصبح المحسّ Windshear مفضلاً على البقية، وما هو مجال الأميال المقطوعة سنوياً الذي يُعدّ من أجله النوع Airvantage الخيار الأفضل؟ (*ملاحظة*: يُتوقع أن تكون كلفة الوقود 1.00 دولار لكل غالون، واستهلاك الوقود الوسطي 5 أميال للغالون بدون المحسات). ضع أي فرضية تراها مناسبة.

الحل:

النوع Windshear: (X ميل/ساعة) (0.92)(0.2 غالون/ميل) (1 دولار/غالون) = X 0.184/سنة

النوع Blowby: (X ميل/ساعة) (0.96)(0.2 غالون/ميل) (1 دولار/غالون) = X 0.192/سنة

النوع Air-vantage: (X ميل/ساعة) (0.90)(0.2 غالون/ميل) (1 دولار/غالون) = X 0.180/سنة

عند رسم الكلفة EUAC للمحسات، نحصل على قيم التعادل X المبينة في (الشكل 2.10). وصفوة القول، عندما يكون $X \geq 12,831$، يُنتقى النوع Blowby. إذا كان $X \leq 37,203$، يُختار النوع Air-vantge، وإلا يجب اختيار النوع Windshear. ويمكن حساب القيم المطلوبة رياضياً لكل زوج من المعادلات EUAC (Windshear مقابل Blowby، وWindshear مقابل Air-vantage وBlowby مقابل Air-vantage). وعلى سبيل المثال، تُعطى قيمة التعادل بين المحس Windshear وBlowby كما يلي:

$$\$1,000\ (A/P,\ 10\%,\ 10) + \$10 + \$0.184X = \$400\ (A/P,\ 10\%,\ 10) + \$5 + \$0.192X$$

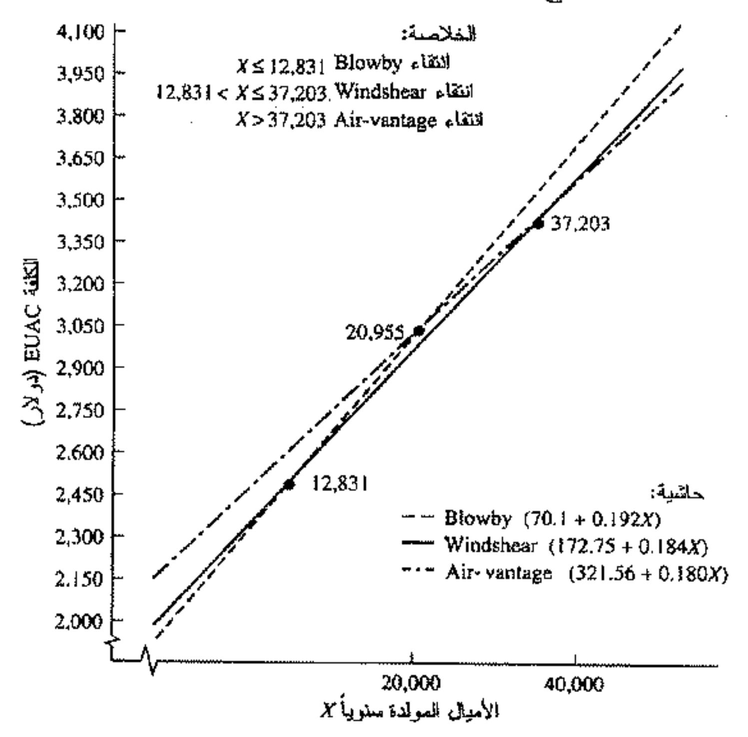
$$\$172.75 + \$0.184\ X = \$70.1 + \$0.192X$$

ومنه:

$$X = \frac{102.65}{0.008} = 12,831 \text{ (ميل/عام)}$$

تسمح فرضية التكرار، التـــي تناسب هذه الحالة، بمقارنة التكاليف EUAC خلال أوقات زمنية مختلفة.

ومن المفيد غالباً معرفة التاريخ المستقبلي للحاجة إلى الاستثمار المؤجل، بحيث يتعادل الحل ذو الاستثمار المؤجل مع الحل الذي يفي بالمستلزمات المستقبلية فوراً. وفي الحالات التـــي تتطلب النظر في تكاليف الحصول على الموجودات للحلين البديلين فقط، أو في الحالات التـــي لا تتأثر فيها النفقات السنوية خلال العمر الكامل للأصول بتاريخ الحصول على الأصول المؤجلة، يمكن تحديد نقطة التعادل بسهولة كبيرة، وقد يكون ذلك مفيداً في الوصول إلى قرار انتقاء بين الحلول البديلة. يوضح المثال 10-3 هذا النوع من دراسات التعادل.



الشكل 2.10: الرسم البيانـــي لتحليل التعادل للمثال 10-2

المثال 10-3

عند تخطيط بناء صغير لمكاتب تتألف مـــن طابقين، قدم المهندس المعماري تصميمين. يقدم الأول التفاصيل الإنشائية والإساسات بحيث يمكن إضافة طابقين إضافيين إلى الطابقين الابتدائيين لاحقاً، دون تغيير المنشأة الأصلية: إن كلفة هذا البناء هو 1,400,000 دولار. وتبلغ كلفة التصميم الثانـــي، الذي لا يقدم هذه الإمكانات، 1,250,000 دولار فقط. إذا اعتُمد التصميم الأول، يمكن إضافة الطابقين لاحقاً بكلفة 850,000 دولار. ولكن إذا اعتُمد التصميم الثاني، فإنه يتطلب إعادة بناء وتقوية كبيرة، وهذا ما يضيف 300,000 دولار إلى كلفة الطابقين الإضافيين. بفرض أن البناء سيخدم لمدة 75 سنة، ما هو الوقت الذي يجب عنده إضافة الطابقين لتبرير اعتماد التصميم الأول (المعدل MARR هو 10% سنوياً)؟

الحل:

تُحدد مدة إرجاء التعادل $\bar{T}$ كما يلي:

	توفير التوسع الآن	عدم توفيره
كلفة القيمة الحالية:		
الوحدة الأولى	$1,400,000	$1,250,000
الوحدة الثانية	$\$850{,}000(P/F, 10\%, \hat{T})$	$1{,}150{,}000(P/F, 10\%, \hat{T})$
بمساواة القيمة الحالية الكلفة للتكاليف:		

$$\$1{,}400{,}000 + \$850{,}000(P/F, 10\%, \hat{T}) = \$1{,}250{,}000 + \$1{,}150{,}000(P/F, 10\%, \hat{T})$$

إذا فُحص *الفرق* بين الحلين البديلين، يمكن أن نرى أن الموازنة تجري بين دفع المبلغ 150,000 دولار الآن أو دفع 300,000 دولار لاحقاً. فالسؤال إذن: "ما هو التاريخ المستقبلي" الذي يمثل نقطة التعادل؟

بحل المعادلة نجد:

$$(P/F, 10\%, \hat{T}) = 0.5$$

ونجد من جدول الفوائد في الملحق C أن القيمة $\hat{T} = 7$ سنوات (تقريباً). ولذا، إذا لزم مكان إضافي خلال مدة أقل من 7 سنوات، فمن الأوفر اقتصادياً إجراء التوسع في التفاصيل الإنشائية والأساسات. ولكن إذا كان من المحتمل ألا تظهر تظهر الحاجة إلى الإضافة قبل سبع سنوات، فيمكن تحقيق اقتصاد أكبر بعدم إجراء التوسع في المنشأة الأولية.

2.4.10 بيان الحساسية (المخطط العنكبوتي)

إن تقنية بيان الحساسية (المخطط العنكبوتي) هي أداة تحليل يمكن تطبيقها عند "عدم ملاءمة" تحليل التعادل لحالة المشروع. وتوضح هذه المقاربة صراحة تأثير عدم التأكد في تقدير كل عامل مدروس على مقياس الاستحقاق الاقتصادي. يعرض المثال 4-10 هذه التقنية بالرسم البياني لآثار تغير التقدير للعوامل المتعددة، كلٌّ على حدة، على القيمة الحالية للمشروع الهندسي.

المثال 4-10

تُكتب أفضل التقديرات (الأكثر احتمالاً) للتدفق النقدي لإحدى المعدات الحديثة المدروسة، والمراد تركيبها فوراً كما يلي:

استثمار رأس المال I	$11,500
الإيرادات/سنة A	5,000
النفقات/سنة A	2,000
القيمة السوقية MV	1,000
العمر المجدي N	6 سنوات

وبسبب التقانة الحديثة المعتمدة في هذه الآلة، يُرغب في دراسة تقديرات قيمتها الحالية بنسبة (± 40%)، وتأثير ذلك على: (آ) استثمار رأس المال. (ب) التدفق النقدي الصافي السنوي. (ج) القيمة السوقية. (د) العمر المجدي. استناداً إلى أفضل هذه التقديرات احتمالاً، ارسم مخططاً يلخص حساسية القيمة الحالية لتغير تقدير كل عامل تغيراً بالنسبة المئوية، عندما يكون المعدل MARR = 10% سنوياً.

الحل:

تعطى القيمة الحالية لهذا المشروع (تركيب المعدات الجديدة) اعتماداً على أفضل التقديرات للعوامل المذكورة سابقاً؛

كما يلي:

$$PW(10\%) = -\$11,500 + (\$5,000 - \$2,000)(P/A, 10\%, 6) + \$1,000(P/F, 10\%, 6) = \$2,130$$

تظهر هذه القيمة الحالية، المبينة في (الشكل 3.10)، عند نقطة التقاطع المشتركة لمنحنيات الانحراف بالنسبة المئوية لعوامل المشروع الأربعة، كل على حدة، (MV, *N*, *A*, *I*).

(أ) عندما يتغير استثمار رأس المال (*I*) بنسبة ± *p*%، تتغير القيمة الحالية كما يلي:

$$PW(10\%) = -(1 \pm p\%/100)(\$11,500) + \$3,000(P/A, 10\%, 6) + \$1,000(P/F, 10\%, 6)$$

إذا جعلنا النسبة *p*% تتغير بخطوات تزايدية أو تناقصية من 10% إلى ± 40%، فمن الممكن رسم الحسابات الناتجة للقيمة PW (10%) على نحو مماثل (للشكل 3.10).

(ب) يمكن تعديل المعادلة PW للدلالة على تغيرات ± *a*% في التدفق النقدي الصافي السنوي *A*:

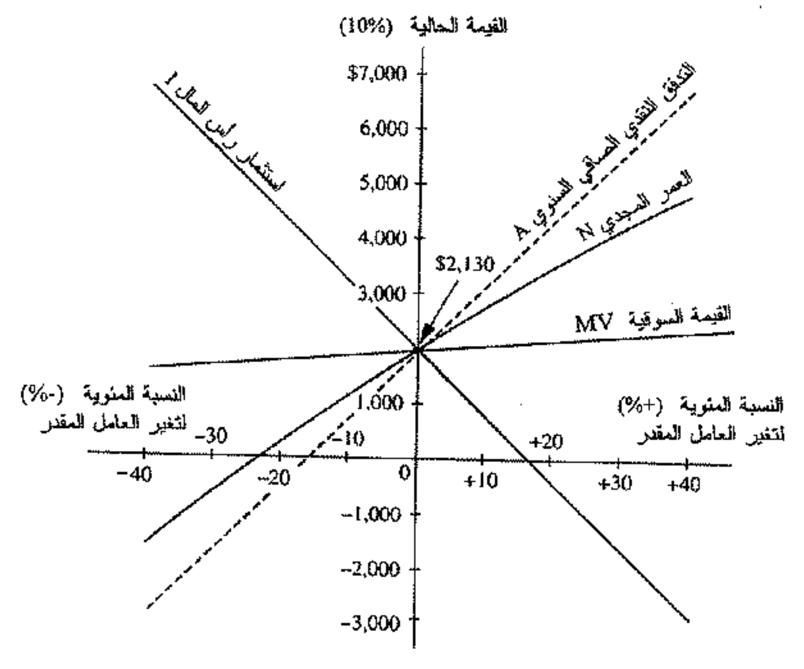
$$PW(10\%) = -\$11,500 + (1 \pm a\%/100)(\$3,000)(P/A, 10\%, 6) + \$1,000(P/F, 10\%, 6)$$

تُرسم النتائج في (الشكل 3.10) بخطوات تزايدية مقدارها 10% للعامل *A*، ضمن المجال المطلوب ± 40%.

(ج) عندما تتغير القيمة السوقية MV بنسبة ± *s*%، تتغير القيمة PW كما يلي:

$$PW(10\%) = -\$11,500 + \$3,000(P/A, 10\%, 6) + (1 \pm s\%/100)(\$1,000)(P/F, 10\%, 6)$$

يُظهر (الشكل 3.10) تغيرات القيمة السوقية MV على المجال ± 40%.



الشكل **3.10**: بيان الحساسية (المخطط العنكبوتـــي) لأربعة عوامل للمثال 10-4

(د) يمكن تمثيل التغيرات *n*%، الموجبة والسالبة، للعمر المفيد *N*، والتـــي تؤثر على القيمة الحالية PW(10%)، بالمعادلة التالية:

$$PW(10\%) = -\$11,500 + \$3,000[P/A, 10\%, 6(1 \pm n\%/100)] + \$1,000[P/F, 10\%, 6(1 \pm n\%/100)]$$

حيث تتغير n% بخطوات تزايدية قيمتها 10% ضمن المجال ± 40%، ويمكن حساب التغيرات الناتجة في القيمة (10%) PW ورسمها، كما هو موضح في (الشكل 3.10).

وصفوة القول، يبين المخطط العنكبوتـي في (الشكل 3.10) حساسية القيمة الحالية لتغيرات أفضل تقدير لكل عامل بالنسبة المئوية. يُفترض حفاظ بقية العوامل على أفضل تقدير لها. يشار إلى الدرجة النسبية لحساسية القيمة الحالية لكل عامل بميل المنحنيات (فكلما ازداد "انحدار" المنحني، ازدادت حساسية القيمة الحالية لذلك العامل). يدل تقاطع كل منحن مع محور السينات (الأفقي) على مقدار التغير المئوي لأفضل تقدير لذلك العامل، والذي يؤدي إلى انعدام القيمة الحالية.

اعتماداً علـى المخطط العنكبوتي، نرى أن القيمة الحالية لا تتحسس لقيمة السوق، ولكنها تتحسس لتغير N, A, I. وعلى سـبيل المثال، يتضح أن اسـتثمار رأس المال قد يزيد من 2,130 دولار إلى 13,630 دولار، دون أن تصبح القيمة الحالية للمشروع سالبة. ويمثل ذلك نسبة زيادة قدرها 18.5%، يمكن حسابها تقريباً من (الشكل 3.10).

ولنفترض، كمعلومات إضافية، أننا نستخدم تقنية بيان الحساسية لمقارنة حلين بديلين للمشروع استبعاديين أو أكثر. إذا كان المطلوب مقارنة حلين فقط، يمكن استخدام مخطط عنكبوتي، اعتماداً على التدفق النقدي التزايدي بين الحلين البديلين، بغية المساعدة في انتقاء الحل الأفضل. وبتوسيع هذه المقاربة إلى 3 حلول بديلة، يمكن استخدام مقاربتين متتابعتين، مقاربة لكل حلين معاً، للمساعدة على انتقاء الحل الأفضل. وتنص مقاربة أخرى على رسم بيان حساسية (رسماً متراكباً) لكل حل على الشكل ذاته. ويبدو جلياً إذن أن استخدام المقاربة الأخيرة لمقارنة أكثر من حلين، أي ثلاثة حلول مثلاً (مع عاملين أو ثلاثة عوامل لكل منها)، يؤدي إلى نتائج يصعب تفسيرها.

3.4.10 تركيب العوامل

يهمنا غالباً دراسة الآثار المجتمعة لعدم التأكد في عاملين أو أكثر من عوامل المشروع على مقياس الاستحقاق الاقتصادي. وعندما تظهر هذه الحالة، ينبغي استخدام المقاربة التالية في الحصول على معلومات إضافية للمساعدة على اتخاذ القرار:

1. إنشاء بيان حساسية للمشروع، كما نوقش في الفقرة 2.4.10 ويجب المحاولة أيضاً، من أجل أشد العوامل حساسية، لتحسين التقديرات وتقليص مجال عدم التأكد قبل المضي قدماً في التحليل.
2. انتقاء عوامل المشروع الأكثر حساسية، اعتماداً على المعلومات التـي يقدمها بيان الحساسية. ينبغي تحليل التأثيرات المجتمعة لهذه العوامل على مقياس الاستحقاق الاقتصادي بإجراء ما يلي: (آ) استخدام تقنية بيانية إضافية لجعل التأثير المجتمع لأشد عاملين حساسية أكثر صراحة. (ب) تحديد تأثير التركيبات المنتقاة لثلاثة عوامل أو أكثر (وتسمى هذه التركيبات أحياناً بالسيناريوهات).

يوضح المثال 10-5 التقنية الأولى، ويوضح المثال 10-6 التقنية الثانية.

المثال 10-5

نعود إلى المشـــروع الهندسي المذكور في المثال 4.10. تُستخدم هذه الحالة، بفرضيات إضافية، للبرهان على تقنية بيانية توضح التأثير المجتمع لأشد عاملين حساسية من العوامل المؤثرة على القيمة الحالية.

في المثال 10-4، استُخدم مجال مشترك من عدم التأكد (± 40% لأفضل تقدير لأي عامل من عوامل الحساسية)

للعوامل الأربعة المدروسة في المشروع وهي: استثمار رأس المال I، التدفق النقدي الصافي السنوي A، العمر المجدي N، القيمة السوقية MV. نفترض المجالات الجديدة التالية لهذا المثال: استثمار رأس المال من –10% إلى 15%، التدفق النقدي الصافي السنوي من –40% إلى 25%، والعمر المجدي من –10% إلى 20%. واستُبعدت دراسة عامل قيمة السوق، وتُستخدم لها أفضل قيمة تقديرية وهي 1,000 دولار. ولذا، بدلاً من إعادة رسم بيان الحساسية المبين في الشكل 3.10، نستخدم أجزاءً من المنحنيات تقع ضمن المجالات التقديرية الجديدة لعدم التأكد. ويمكن إجراء ذلك بسبب الاحتفاظ بالقيمة ذاتها لأفضل التقديرات. وتظل القيمة الحالية للمشروع شديدة الحساسية للعاملين I وA، وهي تتأثر بدرجة أقل بالعامل N. ولذا، سنركز في هذا المثال على التأثير المجتمع لهذه العوامل (A, I) على القيمة الحالية (10%) PW.

الحل:

سنرسم القيمة الحالية للمشروع (10%) PW كتابع للعاملين (I، A)، بافتراض أن العمر المجدي والقيمة السوقية تحافظان على قيم أفضل تقدير لهما، وهي 6 سنوات و1000 دولار على التوالي. نحتاج إلى المعلومات التالية:

عامل المشروع (متغير)	مجال الانحراف[a]	أفضل التقديرات	مجال التقدير[b]	
			الحد الأدنى	الحد الأعظم
استثمار رأس المال I	–10% إلى 15%	\$11500	\$10350	\$13225
التدفق النقدي الصافي السنوي A	–40% إلى 25%	3000	\$1800	3750

[a] مجال جديد لتقدير الانحرافات المئوية عن أفضل القيم التقديرية.

[b] بالاعتماد على قيم الانحراف الدنيا والعظمى وأفضل قيمة تقديرية.

يمكن، باستخدام هذه المعلومات، رسم البيان الثنائي البُعد المبين في (الشكل 4.10). يُمثل التدفق النقدي الصافي السنوي (A) كمتحول على المحور الأفقي. أما المتحول الآخر، وهو استثمار رأس المال (I)، فيُمثل بمجموعة منحنيات، ويبيّن المحور الشاقولي القيمة الحالية للمشروع. يعتمد المنحنيان المرسومان في الشكل على القيم الدنيا والعظمى لاستثمار رأس المال، وتُمدِّد خطياً حدود مجموعة المنحنيات التي تمثل هذا المتحول. يُعدّ المنحنيان رسماً للمعادلتين التاليتين:

$$PW(10\%) = -\$10{,}350 + A(P/A, 10\%, 6) + \$1{,}000(P/F, 10\%, 6)$$

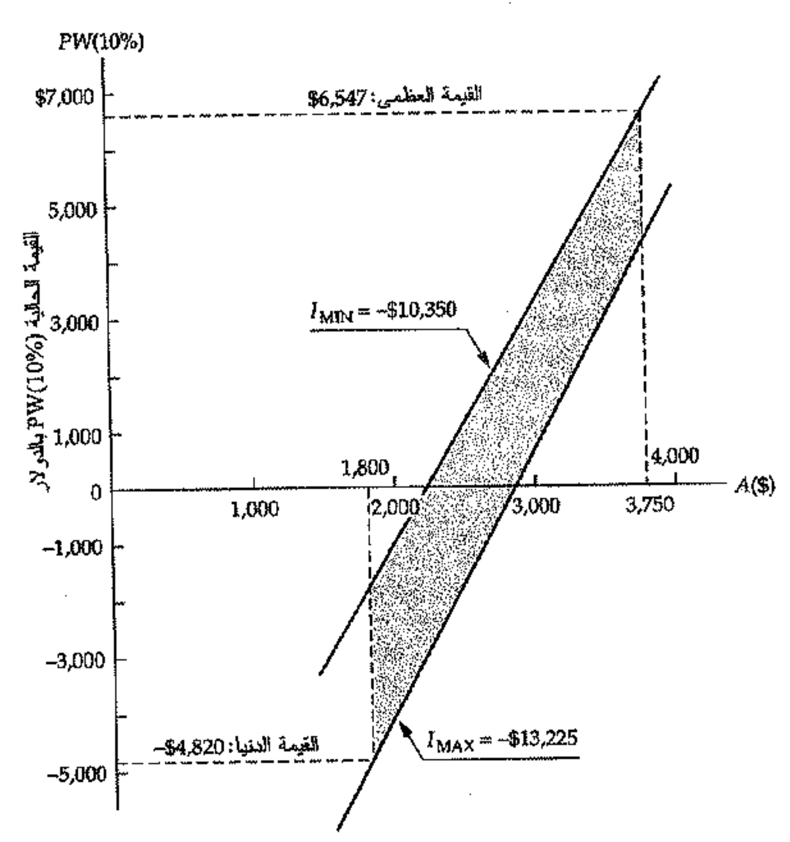
و

$$PW(10\%) = -\$13{,}225 + A(P/A, 10\%, 6) + \$1{,}000(P/F, 10\%, 6)$$

تمثل المنطقة المظلّلة في (الشكل 4.10) القيم الحالية الناتجة عن دمج القيم I وA، وهي تعرّف منطقة عدم التأكد. كما يظهر الشكل القيمة العظمى (6,547 دولار) والدنيا (– 4,820 دولار) للقيمة الحالية. ولما كانت المنطقة المظللة لا تقع كلها فوق المحور الأفقي (10 %) PW < 0، ولا تقع كلها تحته (10 %) PW < 0، فإن القرار حساس للتأثير المجتمع لهذين العاملين. ولكن لا يصح تفسير نسب المنطقة المظللة فوق الحد الأفقي وتحته كاحتمال أن تكون القيمة الحالية أكبر من أو أصغر من الصفر، ما لم يُفترض أن كافة القيم I وA متساوية احتمال الحدوث، وهذا أمر قليل الاحتمال.

يمكن تحليل التأثير المجتمع لتغير قيم أفضل التقديرات لثلاثة عوامل أو أكثر، على مقياس الاستحقاق الاقتصادي لمشروع هندسي باستخدام التراكيب المنتقاة للتغيرات. يوضح المثال 10-6 هذه المقاربة ويوضح تقنية القيم المتفائلة، والمتشائمة والأكثر حدوثاً لتقدير قيم العوامل.

إن التقدير المتفائل لعامل ما هو تقدير في الاتجاه المفضّل (مثلاً، الكلفة الدنيا لاستثمار رأس المال في المثال 10-5). تُعرّف القيمة الأكثر حدوثاً لعامل ما، في حالتنا، بأفضل قيمة تقديرية. استُخدم هذا التعريف في المثال 10-4. إن التقدير المتشائم هو تقدير في الاتجاه غير المرغوب فيه (وليكن الكلفة العظمى لاستثمار رأس المال في المثال 10-5). وبتطبيق هذه التقنية، يُحدد الشرط المتفائل لعامل ما غالباً كقيمة لها 19 فرصة ظهور من 20 فرصة، لكي تكون أفضل من النتيجة الفعلية. وبالمماثلة، يكون للقيمة المتشائمة 19 فرصة من 20، لتكون أسوأ من النتيجة الفعلية. وبمفردات عملياتية، يمثل الشرط المتفائل لعامل ما القيمة عندما تحدث الأمور على نحو يتوافق والتوقعات، أما التقدير المتشائم فهو القيمة التي تحدث فيها الأمور على أسوأ وضع يمكن توقعه.



الشكل 4.10: التأثير المجتمع للعاملين (A, I) على القيمة الحالية في المثال 10-5

المثال 10-6

ليكن لدينا جهاز فحص مقترح بالأمواج فـوق الصوتية. يحدد (الجدول 1.10) التقديرات المتفائلة والمتشائمة والأكثر حدوثاً. إن المعدل MARR هو 8% سنوياً. وتظهر في نهاية (الجدول 1.10) القيم السنوية AW لحالات التقدير الثلاث. استناداً إلى هذه المعلومات، حلل الآثار المركبة لعدم التأكد في عوامل القيمة السنوية AW.

الحل:

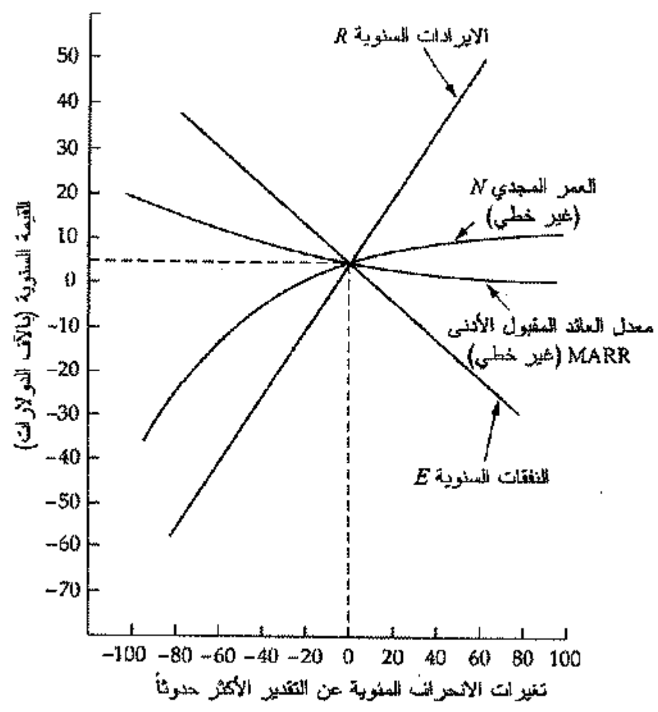
الخطوة 1: قبل المضي قدماً في الحل، نحتاج إلى تقدير القيمتين الحديتين للمقدار AW. وكما هو مبين في الجدول 1.10، فإن القيمة السنوية AW للتقدير المتفائل مناسبة جداً (73,995 دولار)، في حين أن القيمة AW للتقديرات المتشائمة غير مناسبة أبداً (-33,100 دولار). إذا كانت القيمتان الحديتان للمقدار AW موجبتين، فإننا سنتخذ قراراً "بالتنفيذ" لهذا

الجهاز دون القيام بتحليل أعمق، لأن أي تركيب لقيم العوامل، المعتمدة على التقديرات، لن يؤدي إلى قيمة سالبة للمقدار AW. وبمحاكمة مماثلة، إذا كانت القيم AW سالبة، سنتخذ قراراً "بعدم التنفيذ" لهذا الجهاز. ولكن في هذا المثال، القرار حساس لتراكيب أخرى من النتائج، وسننتقل إذن إلى الخطوتين 2 و3.

الجدول 1.10: التقديرات المتفائلة والمتشائمة والأكثر حدوثاً والقيم السنوية AW لجهاز الأمواج فوق الصوتية المقترح (المثال 10-6)

	حالة التقدير		
	المتفائل (O)	الأكثر حدوثاً (M)	المتشائم (P)
استثمار رأس المال I	$150,000	$150,000	$150,000
العمر المجدي N	18 سنة	10 سنوات	8 سنوات
القيمة السوقية MV	0	0	0
الايرادات السنوية R	$110,000	$70,000	$50,000
النفقات السنوية E	20,000	43,000	57,000
القيمة السنوية AW (8%)	+$73,995	+$4,650	−$33,100

الخطوة 2: نحتاج في هذه الحالة إلى رسم بيان الحساسية (المخطط العنكبوتـــي) لإظهار حساسية المقدار AW إلى العوامل المدروسة الثلاثة: العمر المجدي N، الإيرادات السنوية R، النفقات السنوية E. يظهر المخطط العنكبوتـــي في (الشكل 5.10). تدل المنحنيات E, R, N على تغير الانحراف المئوي من التقدير (الأنسب) الأكثر حدوثاً، وعلى مجال القيم المعرفة من أجل التقديرات المتفائلة والمتشائمة لكل عامل، بدلالة المقدار AW. يظهر منحنٍ آخر، كمعلومات إضافية، المعدل MARR بدلالة المقدار AW. وبالاعتماد على المخطط العنكبوتي، يبدو المقدار AW لجهاز الأمواج فوق الصوتية المقترح أشد حساسية للإيرادات السنوية، وهو حساس أيضاً للنفقات السنوية ولتقلص العمر المجدي. ولكن، إذا اقتضت الحاجة تغيير معدل العائد الأدنسى MARR تغيراً ملموساً (8%)، فسيكون له أثر ضئيل على المقدار AW.



الشكل 5.10: بيان الحساسية لجهاز الأمواج فوق الصوتية المقترح.

الخطوة 3: تحتاج التراكيب المتنوعة للقيم المتفائلة، والأكثر حدوثاً، والمتشائمة (النواتج) للإيرادات السنوية، والعمر المجدي، والنفقات السنوية إلى تحليل بغية تحديد تأثيرها على المقدار AW. يبين (الجدول 2.10) نتائج هذه التراكيب البالغ عددها 27 (3 × 3 × 3).

الجدول 2.10: القيم السنوية لكل تراكيب النواتج المقدَّرة[a] للإيرادات السنوية، والنفقات السنوية، والعمر المجدي المتعلقة بجهاز الأمواج فوق الصوتية المقترح (المثال 10-6).

الإيرادات السنوية R	النفقات السنوية E: O			M			P		
	العمر المجدي N			العمر المجدي N			العمر المجدي N		
	O	M	P	O	M	P	O	M	P
O	73,995	67,650	63,900	50,995	44,650	40,900	36,995	30,650	26,900
M	34,000	27,650	23,900	10,995	4,650	900	-3,005	-9,350	-13,100
P	14,000	7,650	3,900	-9,005	-15,350	-19,100	-23,005	-29,350	-33,100

[a] التقديرات O: تقديرات متفائلة، M: تقديرات أكثر حدوثاً، P: تقديرات متشائمة.

تسهيل تفسير النتائج AW

لما كانت القيم AW، في (الجدول 2.10)، تنتج من التقديرات الخاضعة إلى درجات متفاوتة من عدم التأكد، فلن يُفقد إلا جزء يسير من معلومات القيم، بتدويرها إلى أقرب قيمة بآلاف الدولارات. إضافة إلى ذلك، لنفترض أن الإدارة تهتم اهتماماً شديداً بعدد التراكيب للنواتج التي يكون المقدار AW عندها مثلاً: (1) أكثر من 50,000 دولار (2) أو أقل من 0 دولار. يبيّن (الجدول 3.10) طريقة تغيير (الجدول 2.10) لجعله أسهل تفسيراً واستخداماً في نقل نتائج المقدار AW إلى الإدارة.

يبدو من (الجدول 3.10) أن التراكيب الأربعة تؤدي إلى قيمة AW > 50,000 دولار، في حين أن هناك 9 تراكيب تؤدي إلى AW < 0. وليست جميع تراكيب الحالات متساوية من حيث احتمال الظهور بالضرورة. ولذا ليس من المناسب هنا أيضاً، استعمال عبارات مماثلة لقولنا: "هناك 9 فرص من 27 لفقد المال في هذا المشروع".

الجدول 3.10: نتائج الجدول 2.10 بعد أن أصبحت أسهل تفسيراً (تُقدَّر القيم السنوية بآلاف الدولارات)[a,b]

الإيرادات السنوية R	النفقات السنوية E: O			M			P		
	العمر المجدي N			العمر المجدي N			العمر المجدي N		
	O	M	P	O	M	P	O	M	P
O	74	68	64	51	45	41	37	31	27
M	34	28	24	11	5	1	-3	-9	-13
P	14	8	4	-9	-15	-19	-23	-29	-33

[a] التقديرات O: تقديرات متفائلة، M: تقديرات أكثر حدوثاً، P: تقديرات متشائمة.

[b] المدخلات المؤطرة: AW > 50000 دولار (4 من 27 حالة). المدخلات المسطرة: AW < 0 دولار (9 من 27 حالة).

وثمة شكل آخر لنتائج الحساسية يفيد غالباً في تحديد التغير النسبي (أو المطلق) لعامل واحد أو أكثر، والذي من شأنه عكس القرار. وعلى الرغم من إمكان تقدير التغير على مخطط عنكبوتي، فمن الأفضل حسابه لكل عامل مدروس.

وبتطبيق ذلك على المثال 10-6، يمكن تحديد التغير النسبـــي في كل عامل يؤدي إلى إنقاص القيم السنوية AW بمقدار 4,650 دولار، بحيث تصبح معدومة. يبيّن (الجدول 4.10) نتيجة التطبيق باستخدام جدول وخطوط متفاوتة الأطوال للتركيز على أن القيم السنوية للجهاز تتسم بما يلي: (1) شدة الحساسية لتغيرات الإيرادات السنوية المقدَّرة. (2) قلة الحساسية لتغيرات معدل المردود MARR.

الجدول 4.10: حساسية عكس القرار لتغير التقديرات المنتقاة.

	التقدير الأكثر حدوثاً	الناتج اللازم[a]	مقدار التغير	مقدار التغير كنسبة مئوية من التقدير الأكثر حدوثاً	
استثمار رأس المال	$150,000	$181,000	$31,200	+20.8%	–
العمر المجدي (سنة)	10	7.3	–2.7	-27.0%	–
الايرادات السنوية	70,000	65,350	-4,650	-6.6%	–
النفقات السنوية	43,000	47,650	4,650	+10.8%	–
المعدل MARR	%8	12.5%	+4.5%	+56%	–

[a] لعكس القرار (إنقاص القيمة AW إلى الصفر). لاحظ أن عكس القيمة AW هو الأشد حساسية لتغير الإيرادات السنوية.

يتضح إذن أن باستخدام تقنية التقدير O-ML-P، وإن كان عدد العوامل محدوداً، يصبح عدد التراكيب الممكنة لحالات تحليل الحساسية كبيراً جداً، ومن ثَمَّ تصبح مهمة تقصي كافة الحالات أمراً مهدراً للوقت. إن أحد أهداف تحليل الحساسية التقدمي progressive هو إخراج بعض العوامل التـــي لا يتأثر بها مقياس الاستحقاق الاقتصادي من الدراسة، وإلقاء الضوء على شروط العوامل الأخرى الواجب التوسع في دراستها بحسب درجة حساسيتها. ولذا، فمن الممكن الاحتفاظ بعدد محدود من التراكيب المضمَّنة في التحليل.

موقع الوب المرافق /http://www.prenhall.com/Sullivan-engireering. يستخدم العديد من شركات العزل الميكانيكي أنظمة حاسوبية لتقدير الكلفة، وكلها تحتاج إلى قرار استثمار قبل شراء مثل هذه الأنظمة. يمكن زيارة الموقع المذكور للاطلاع على مقارنة اقتصادية لطرائق تقدير الكلفة البدوية، والمحوسبة، التـــي تدل على تحليل الحساسية باستخدام عدة علاقات تربط النقد بالوقت.

5.10 تحليل اقتراح لشركة أعمال مشتركة

يقدم المثال 10-7 توضيحاً آخر لاستخدام تحليل الحساسية، تُحلَّل فيه شركة أعمال جديدة. يتضمن المثال عدة عوامل، يُعتقد بأن نواتجها حاسمة لنجاح هذه الشركة. يُستخدم عرض جدولي لتلخيص نتائج التحليلات المختلفة.

المثال 10-7

تدرس مجموعة صغيرة من المستثمرين البدء بمنشأة صغيرة للخرسانة المخلوطة سلفاً في ضاحية تتطور سريعاً، تبعد 15 ميلاً عن مدينة كبيرة. تعتقد المجموعة بأن هناك سوقاً جيدة للخرسانة المخلوطة سلفاً في تلك المنطقة لمدة 10 سنوات على الأقل، وفي حال قيامهم بتلك المنشأة المحلية، ستظهر حتماً منشأة محلية أخرى هناك. وتستمر المنشآت الحالية في المدينة الكبيرة المجاورة، بالطبع، بتخديم المنطقة الجديدة. ويعتقد المستثمرون أن المنشأة قد تعمل بنسبة 75% من طاقتها، وبمعدل 250 يوم سنوياً، نظراً إلى إقامتها في منطقة ذات مناخ صعب ومتغير خلال العام.

تبلغ كلفة المنشأة 100,000 دولار، وطاقتها الإنتاجية العظمى 72 ياردة مكعبة من الخرسانة يومياً. تصبح قيمتها السوقية بعد 10 سنوات 20,000 دولار، وهي قيمة الأرض. لتسليم الخرسانة، يتطلب العمل 4 شاحنات مستعملة، بكلفة 8,000 دولار لكل منها، ولها عمر مقدَّر بخمسة أعوام، وقيمة سوقية تبلغ 500 دولار في نهاية المدة. إضافة إلى سائقي الشاحنات الأربعة، الذين سيتقاضون أجراً قدره 50 دولار لكل منهم يومياً، يُحتاج إلى أربع أشخاص لتشغيل المنشأة والمكتب، بكلفة كلية قدرها 175 دولار يومياً. تُقدَّر نفقات التشغيل والصيانة السنوية للمنشأة بقيمة 7,000 دولار، ولكل شاحنة 2,250 دولار، في حال انشغالية الطاقة بنسبة 75%. تُقدَّر تكاليف المواد الخام بقيمة 27 دولار لكل ياردة مكعبة من الخرسانة. وتبلغ قيمة الضرائب على الأجور، والشواغر والمنافع الهامشية الأخرى نسبة 25% من كلفة الأجور السنوية. وتُقدَّر الضرائب والتأمينات السنوية على كل شاحنة بقيمة 500 دولار، والضرائب والتأمينات على المنشأة بقيمة 1000 دولار سنوياً. لا يسهم المستثمرون بأي عمل في الشركة، بل يُوظف مدير فيها براتب سنوي قدره 20,000 دولار.

تباع الخرسانة المخلوطة سلفاً حالياً بثمن وسطي قدره 45 دولار لكل ياردة مكعبة. ويُتوقع أن يكون العمر المجدي للمنشأة 10 سنوات، ويعود رأس المال المستثمَر إلى هؤلاء المستثمرين في بقية المشاريع بعائد 15% سنوياً قبل ضرائب الدخل. ويُرغب في العثور على القيم السنوية للحالات المتوقعة الموصوفة، وإجراء تحليلات الحساسية لبعض العوامل.

الحل بالطريقة AW

الإيراد السنوي

$$\$607,500 = 0.75 \times \$45 \times 250 \times 72$$

النفقات السنوية:

1. مبلغ تغطية رأس المال:

المنشأة: $\$20,000(A/F, 15\%, 10) - \$100,000(A/P, 15\%, 10)$ = $18,940

الشاحنات: $[\$500(A/F, 15\%, 5) - \$8,000(A/P, 15\%, 5)]4$ = 9,250

$28,190

2. اليد العاملة:

المنشأة والمكتب: $\$175 \times 250$ = 43,750

سائقو الشاحنات: $4 \times \$50 \times 250$ = 50,000

المدير = 20,000

113,750

3. ضرائب الرواتب والمنافع الهامشية، ونحوها: $\$113,750 \times 0.25$ — 28,438

4. الضرائب والتأمينات

المنشأة: = 1,000

الشاحنات: $\$500 \times 4$ = 2,000

3,000

5. التشغيل والصيانة بنسبة 75% من الطاقة:

المنشأة والمكتب = 7,000

الشاحنات: $\$2,250 \times 4$ = 9,000

16,000

6. المواد: $72 \times 0.75 \times 250 \times \$27,00$ — 364,500

النفقات الإجمالية $553,878

إن القيمة السنوية الصافية لأكثر التقديرات حدوثاً (أفضلها) هي: 607,500 − 553,878 = 53,622 دولار. ويبدو إذن أن المشروع فرصة استثمار جذابة.

في المثال 10-7، هناك 3 عوامل تؤثر تأثيراً بالغاً، وينبغي تقديرها وهي: *انشغالية الإمكانات، وسعر المبيع للمنتج، والعمر المجدي للمنشأة*. وهناك عامل رابع مهم أيضاً، وهو تكاليف المواد الخام. ولكن أي تغير ملموس على هذا العامل قد يؤدي إلى تأثير مشابه على المنافسين، وقد يبرز ذلك بتغير ملحوظ في سعر مبيع الخرسانة المخلوطة ســلفاً. ينبغي أن تكون عناصر الكلفة الأخرى قابلة للتحديد بدقة بالغة. ولذا، نحتاج إلى تقصي أثر التغير في انشغالية المنشـــأة وسعر المبيع والعمر المجدي. يُحتاج في هذه الحالة إلى تحليل الحساسية.

1.5.10 الحساسية لانشغالية الإمكانات

سنحدد، كخطوة أولى، طريقة تغير النفقات، إن تغيرت، في حال تغير انشغالية الإمكانات كما هو مذكور في المثال 10-7. وفي هذه الحالة، يُحتمل ألا تتأثر بنود النفقات المذكورة في المجموعات 1, 2, 3, 4 في الجدول السابق، من حيث المبدأ، إذا تغيرت نسبة الانشغالية على طيف واسع جداً؛ من 50% إلى 90% مثلاً. وللتلاؤم مع طلبات الذروة، قد يُحتاج إلى المقدار ذاته من المنشأة، والشاحنات، والموظفين. وقد تتأثر نفقات التشغيل والصيانة (الفئة 5) إلى حد ما. وينبغي، من أجل هذا العامل، تحديد مقدار التغير اللازم، أو وضع فرضية مناسبة للتغير المحتمل. وفي هذه الحالة، يُفترض تثبيت نصف النفقات، وافتراض أن النصف الآخر سيتغير مع نسبة الانشغالية بعلاقة خطية. وتتغير بعض العوامل الأخرى، مثل كلفة المواد في هذه الحالة، تغيراً مباشراً يتناسب طرداً مع نسبة الانشغالية.

الجدول 5.10: القيم السنوية في حالة i = 15% سنوياً لمنشأة الخرسانة المخلوطة سلفاً في المثال 10-7، لنسب متنوعة لانشغالية الإمكانات (سعر المبيع الوسطي هو 45 دولار للياردة المكعبة).

	50% من الإمكانية	65% من الإمكانية	90% من الإمكانية
الإيراد السنوي	$405,000	$526,500	$729,000
النفقات السنوية:			
استرداد رأس المال	28,190	28,190	28,190
اليد العاملة	113,750	113,750	113,750
ضرائب الأجور والبنود المماثلة	28,438	28,438	28,438
الضرائب والتأمينات	3,000	3,000	3,000
الصيانة والتشغيل(a)	13,715	15,086	17,372
المواد	243,000	315,900	437,400
النفقات الكلية	$430,093	$504,364	$628,150
القيمة السنوية AW(15%)	−$25,093	+$22,136	+$100,850

a ليكن النفقات السنوية للتشغيل والصيانة، ونفترض تغير 50% من الكلفة تغيراً مباشراً مع انشغالية الإمكانات. فعند نسبة انشغالية قدرها 75%، يكون: $x/2 + (x/2)(0.75) = \$16,000$ بحيث نجد أن $x = \$18,286$ عند نسبة انشغالية 100%. ولذا، فعند نسبة انشغالية قدرها 50%، تبلغ نفقات الصيانة والتشغيل: $9,143 + 0.5(9,143) = \$13,715$.

باستخدام هذه الفرضيات، يبيّن (الجدول 5.10) طريقة تغير الإيراد والنفقات والقيمة السنوية الصافية بتغير انشغالية

الإمكانات. وتجدر الإشارة هنا إلى أن القيمة السنوية تتحسس قليلاً بنسبة الانشغالية ويمكن تشغيل المنشأة بنسبة أقل من 65% قليلاً، بدلاً من النسبة 75% المفترضة، والحصول مع ذلك على قيمة سنوية AW أكبر من الصفر. ويتضح إذن، أن تشغيل المنشأة بنسبة أعلى من 75% يؤدي إلى قيم سنوية أفضل. يقدم هذا النوع من التحليل إلى المحلل فكرة جيدة عن الهامش وانشغالية الإمكانات المتاحين للشركة ليكون لها مردود مقبول.

2.5.10 الحساسية لسعر المبيع

يبيّن (الجدول 6.10) فحص حساسية المشروع لسعر مبيع الخرسانة، يفترض هذا الجدول أن المنشأة ستعمل بنسبة 75% من طاقتها، وأن النفقات ستظل ثابتة، ما عدا سعر المبيع الذي سيختلف. وتجدر الإشارة هنا إلى أن المشروع حساس جداً للسعر. فإنقاص السعر بنسبة 10% يؤدي إلى تقليص المعدل IRR بنسبة أقل من 15% (أي $AW < 0$). ولما كانت النسبة 10% لا تُعدّ مرتفعة، فإن المستثمرين قد يرغبون في إجراء دراسة معمقة لبنية سعر الخرسانة في منطقة المنشأة المقترحة، ومراعاة التأثير الممكن للمنافسة المتزايدة على المنشأة الجديدة. إذا أظهرت هذه الدراسة عدم استقرار سعر الخرسانة في السوق، فإن المنشأة ستكون استثماراً مخاطراً.

الجدول 6.10: تأثير أسعار المبيع المختلفة على القيم السنوية لمنشأة الخرسانة المخلوطة سلفاً للمثال 10-7 التـــي تعمل بنسبة 75% من طاقتها.

	سعر المبيع			
	$45,00	$43.65(3%)[a]	$42.75(5%)[a]	$40.50(10%)[a]
الإيراد السنوي	$607,500	$589,275	$577,125	$546,750
النفقات السنوية	553,878	553,878	553,878	553,878
AW(15%)	$53,622	$35,397	$23,247	−$7,128

[a] تمثل قيم النسب المئوية بين قوسين تقليص الأسعار تحت قيمة 45 دولار.

3.5.10 الحساسية للعمر المجدي

يمكن تقصي تأثير العامل الثالث، وهو العمر المجدي المفترض للمنشأة مباشرة. إذا افتُرض أن عمر المنشأة يمتد على 5 سنوات، بدلاً من مدة 10 سنوات المفترضة، فإن العامل الوحيد الذي سيتغير في الدراسة هو كلفة تغطيه رأس المال. إذا افتُرض ثبات قيمة السوق، فإن مبلغ تغطيه رأس المال خلال 5 سنوات هو:

$$\$100,000(A/P,\ 15\%,\ 5) - \$20,000(A/F,\ 15\%,\ 5) = \$26,866 \text{ سنوياً}$$

وهو أعلى بمقدار 7,926 دولار من القيمة الابتدائية البالغة 18,940 دولار. وفي هذه الحالة، ينبغي تخفيض القيمة السنوية إلى مبلغ 45,696 دولار، أي بنسبة 14.8%. ولذا، يؤدي تقليص العمر المجدي بنسبة 50% إلى إنقاص القيمة السنوية بنسبة 14.8%. ويتضح إذن أن هذا المشروع غير حساس تقريباً للعمر المجدي المفترض للمنشأة.

تجعل المعلومات الإضافية التـــي تقدمها تحليلات الحساسية، المذكورة سابقاً، أصحاب قرار الاستثمار بمنشأة الخرسانة المقترحة في وضع أفضل من اعتمادهم فقط على نتائج الدراسة الأولية المتاحة لهم، والتـــي تفترض نسبة انشغالية قدرها 75%.

كما يمكن الحصول على معلومات إضافية مهمة للمستثمرين (تتعلق بالتأثيرات المجتمعة لنواتج العوامل الثلاثة المتنوعة) باستخدام تقنية بيانية، موضحة في المثال 10-5، وبتحليل التراكيب المنتقاة لنواتج العوامل الموضحة في المثال 10-6. ويُعالج

إنجاز هذا التحليل الإضافي في المسألة 10-23 من الفقرة 10-11.

6.10 معدلات العائد المقبولة الدنيا المسواة بالمخاطر

يجعل عدمُ التأكد العواملَ المتاحة في دراسات الاقتصاد الهندسي، مثل التدفقات النقدية وعمر المشروع، متحولات عشوائية في التحليل (يمكن التعبير عن ذلك ببساطة بأن المتحول العشوائي هو تابع تُسند إليه قيمة رقمية فريدة لكل ناتج ممكن للمقدار الاحتمالي). وثمة ممارسة صناعية واسعة الاعتماد، تأخذ عدم التأكد في الحسبان، وهي تنص على زيادة المعدل MARR عندما يُظن بأن المشروع غير مؤكد نسبياً. ولذا، بزغ إجراء يوظّف معدلات الفائدة المسواة بالمخاطر. ولكن تجدر الملاحظة إلى حصر العديد من الهنات التـي تُرتكب عند إجراء دراسات الربحية المالية مع معدلات MARR مسواة بالمخاطر[2]. كما لا يظهر الإجراءُ عدم التأكد في تقديرات المشروع صراحةً.

وفي الحالة العامة، تكون الممارسة المفضّلة لحساب عدم التأكد في التقديرات (تدفقات نقدية، عمر المشروع...) هي التعامل مباشرة (وصراحةً) مع التغيرات المشكوك بها بدلالة تقديرات الاحتمالات (الفصل 13)، بدلاً من مداولة المعدل MARR كوسيلة تدل على الحالة اليقينية للمشروع ومقارنتها بالحالة غير المؤكدة. ويمكن الدفاع حدساً عن إجراء معدل الفائدة المسواة بالمخاطر، بسبب زيادة اليقين في الربحية الإجمالية للمشروع في السنوات الأولى لحياته، من آخر سنتين له مثلاً. تسمح زيادة المعدل MARR بالتركيز على التدفقات النقدية المبكرة، بدلاً من التركيز على المنفعة الطويلة الأمد. ويبدو ذلك مفيداً في تعويض عدم تأكد المشروع المتعلقة بالزمن. بيد أن قضية عدم التأكد في مبالغ التدفق النقدي لا تُعالج مباشرة. ويوضح المثال التالي حالة تؤدي فيها طريقة التعامل مع عدم التأكد إلى نصائح غير منطقية.

المثال 10-8

تدرس شركة أطلس حلّين بديلين، يتأثر كل منهما بعدم التأكد إلى درجات متفاوتة، لزيادة اســترداد معدن ثمين من إجراء الصهر. تُعطى المعطيات التالية لمستلزمات استثمار رأس المال، والاقتصاد السنوي المقدّر للحلين.

نهاية العام k	الحل البديل P	الحل البديل Q
0	−$160,000	−$160,000
1	120,000	20,827
2	60,000	60,000
3	0	120,000
4	60,000	60,000

إن المعدل MARR للشركة بدون مخاطر استثمار هو 10% سنوياً. ونظراً إلى الاعتبارات التقنية اللازمة، يُفترض أن الحل البديل P *أقل تأكداً* من الحل Q. ولذا، يبلغ المعدل MARR المسوى بالمخاطر والمطبّق على الحل P، تبعاً لكتاب الاقتصاد الهندسي للشركة أطلس، نسبة 20% سنوياً، وقيمة المعدل MARR المسوى بالمخاطر والمطبق على الحل Q 17% سنوياً. ما هو الحل البديل المنصوح به؟

[2] انظر A. A. Robichek, S.C.Myers "Conceptual Problems in the Use of Risk-Adjusted Discount Rates" *Journal of Finance*, vol. 21, December 1966, pp. 727-730.

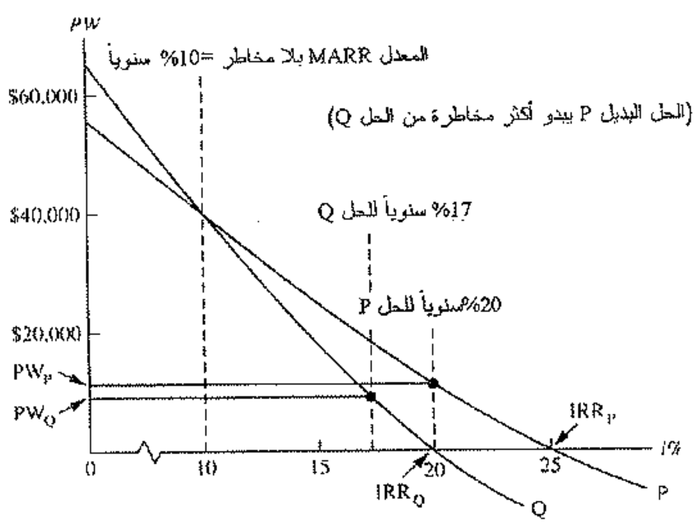
الحل

عند معدل عائد MARR بلا مخاطرة قدره 10%، تتساوى القيمة الحالية لكلا الحلين البديلين وهي تساوي 39,659 دولار. وعند تساوي كل الجوانب الأخرى، يُختار الحل Q لأنه أكثر تأكداً من الحل P. يُجرى تحليل بالقيمة الحالية لشركة أطلس، باستخدام معدلات العائد MARR المسواة بالمخاطرة للحلين البديلين:

$$PW_P(20\%) = -\$160,000 + \$120,000\,(P/F, 20\%, 1) + \$60,000\,(P/F, 20\%, 2) + \$60,000\,(P/F, 20\%, 4) = \$10,602$$

$$PW_Q(17\%) = -\$160,000 + \$20,827\,(P/F, 17\%, 1) + \$60,000(P/F, 17\%, 2) + \$120,000(P/F, 17\%, 3) + \$60,000(P/F, 17\%, 4) = \$8,575$$

وإذا لم نأخذ في الحسبان عدم التأكد الاقتصادي (أي معدل العائد MARR = 10% سنوياً)، واعتماداً على الاعتبارات التقنية، فإن الانتقاء يتجه نحو الحل Q. ولكن عندما تُوضع "غرامات" على الحل P بسبب الاعتبارات الاقتصادية، وبتطبيق المعدل MARR المسوى بالمخاطر لحساب القيمة الحالية، تقود المقارنة بين الحلين البديلين إلى اختيار الحل P. وقد نتوقع رؤية الحل Q كحل أفضل وفق هذا الإجراء. يمكن ملاحظة هذه النتيجة المتناقضة بوضوح في (الشكل 6.10)، ويمثل ذلك الحالة العامة التـــي يُتوقع فيها حدوث النتائج المتناقضة.



الشكل 6.10: رسم بيانـــي لمعدلات الفائدة المسواة بالمخاطر (المثال 10-8).

ومع أن المعدل MARR المسوى بالمخاطر يهدف إلى إنقاص جاذبية المشاريع الأقل تأكداً من الناحية الاقتصادية، إلا أن المثال 10-8 يظهر العكس. إضافة إلى ذلك، يعانـــي الإجراء MARR المسوى بالمخاطر من عيب وهو أن مشاريع الكلفة فقط تبدو أكثر جاذبية (أي يكون لها قيمة حالية PW أقل سلبية، مثلاً)، إذ يُسوى معدل الفائدة تصاعدياً لأخذ عدم التأكد في الحسبان. ويُفضل في حالة معدلات الفائدة البالغة الارتفاع الحل ذو الاستثمار الأقل، بقطع النظر عن التدفقات النقدية اللاحقة. ونظراً إلى الصعوبات المشابهة لما ذُكر سابقاً، لا يُنصح عموماً بهذا الإجراء كوسيلة مقبولة للتعامل مع عدم التأكد.

7.10 تقليص العمر المجدي

حاولت بعض الطرائق التـــي تتعامل مع عدم التأكد، والتـــي نوقشت إلى الآن، تعويض الخسائر الممكنة التـــي قد تحدث إذا لم تُتبع ممارسات اتخاذ قرار مناسبة. ولذا، يسعى التعامل مع عدم التأكد في دراسة الاقتصاد الهندسي إلى اعتماد تقديرات محافظة للعوامل، بغية تقليص المخاطر المؤذية الناجمة عن اتخاذ قرار سيئ.

تستخدم الطريقة المتبعة في هذه الفقرة عمراً مبتوراً للمشروع، وهو أقل غالباً من العمر المجدي المقدَّر. وباستبعاد هذه الإيرادات (أي الاقتصاد) من الحسبان، والنفقات التـــي قد تحدث بعد مدة الدراسة المختصرة، يُركز تركيزاً كبيراً على الاسترجاع السريع لرأس المال المستثمَر في السنوات الأولى من عمر المشروع. ومن ثَمَّ، ترتبط هذه الطريقة ارتباطاً وثيقاً بتقنية الاسترداد المحسوم discounted payback المناقشة في الفصل 4؛ وهي تعانـــي من المثالب ذاتها تقريباً التـــي تتعرض لها طريقة الاسترداد.

المثال 10-9

لنفترض أن شـــركة أطلس، المشار إليها في المثال 10-8، قررت عدم اعتماد معدلات الفائدة المسواة بالمخاطر كوسيلة لتعرّف عدم التأكد في دراسات الاقتصاد الهندسي. وبدلاً من ذلك، فقد قررت بتر مدة الدراسة بنسبة 75% من التقدير الأكثر حدوثاً للعمر المجدي. ولذا، تُهمل كل التدفقات النقدية التـــي تلي السنة الثالثة في تحليل البدائل. هل ينبغي باستخدام هذه الطريقة انتقاء الحل P أو Q، عندما يكون المعدل MARR = 10% سنوياً؟

الحل:

استناداً إلى معيار القيمة الحالية، يبدو من الصعب الخيار بين الحلين البديلين بإجراء تعرّف عدم التأكد هذا:

$$PW_P(10\%) = -\$160{,}000 + \$120{,}000(P/F, 10\%, 1)$$
$$+\$60{,}000(P/F, 10\%, 2) = -\$1{,}324$$
$$PW_Q(10\%) = -\$160{,}000 + \$20{,}827(P/F, 10\%, 1)$$
$$+\$60{,}000(P/F, 10\%, 2)$$
$$+\$120{,}000(P/F, 10\%, 3) = -\$1{,}324$$

المثال 10-10

يتطلب خط إنتاج جديد استثمار رأس مال قدره 2,000,000 دولار، خلال عامين من الإنشاء. وتعطـــى الإيرادات والنفقات المتوقعة خلال العمر التجاري للمنتج، الذي يُخمَّن بثمانـــي سنوات، ومستلزمات رأس المال في الجدول التالي:

	نهاية العام (ملايين الدولارات)									
نوع التدفق النقدي	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
استثمار رأس المال	0.9	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0
الإيرادات	0	0	1.8	2.0	2.1	1.9	1.8	1.8	1.7	1.5
النفقات	0	0	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7

إن المدة العظمى للاسترداد البسيط للشركة هو 4 أعوام (بعد الضرائب)، ويُقدّر معدل العائد MARR بعد الضرائب بنسبة 15% سنوياً. ويُستهلك هذا الاستثمار باستخدام الطريقة MACRS (GDS)، وَصَنَفَ الممتلكات ذات الأعوام الخمسة (الفصل 6). يُطبّق معدل فعلي لضريبة الدخل قدره 40% على الدخل الخاضع للضرائب، يولده هذا المنتج الجديد.

تقلق الإدارة قلقاً بالغاً من جاذبية هذا المشروع إذا حدثت ظروف لا يمكن التنبؤ بها (مثل فقدان السوق، أو الابتكارات التقانية). وهم يقلقون من استثمار مبلغ كبير من المال في هذا المنتج، بسبب مهارة المنافسين والشركات التـــي تنتظر الدخول إلى السوق لشراء تقانة أكثر عائداً بكلفة أقل. ويُطلب منا تقييم مخاوف ربحية هذا المنتج، عندما ينصب الاهتمام الأساسي على البقاء بقوة في السوق (أي على عمر المنتج). وبمعنـــى آخر، يجب تحديد العمر الأدنـــى للمنتج الذي يؤدي إلى معدل فائدة مقبول IRR بعد الضرائب. ارسم منحنياً بيانياً للنتائج، واسرد جميع الفرضيات المناسبة.

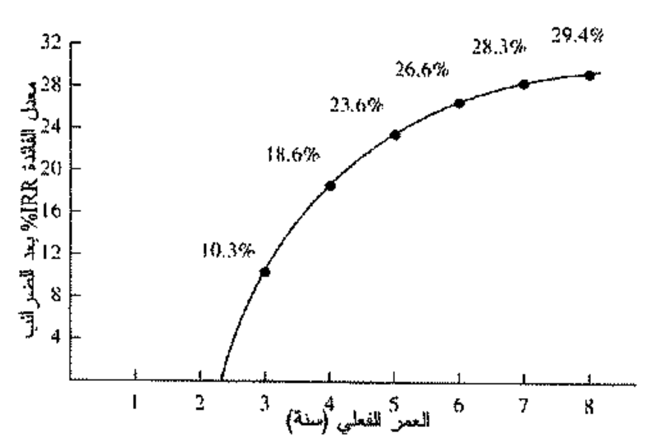
الحل

يبيّن (الجدول 7.10) تحليلاً بعد الضرائب للتدفقات النقدية التـــي تحدث خلال العمر الأكثر حدوثاً للمنتج والبالغ 8 سنوات.

الجدول 7.10: تحليل بعد الضرائب للمثال 10-10.

نهاية السنة k	(A) التدفق النقدي قبل الضرائب BTCF	(B) حسم الاهتلاك	(C) = (A) − (B) الدخل الخاضع للضرائب	(D) = 0.4(C) التدفق النقدي لضرائب الدخل	(D) + (A) = (E) التدفق النقدي ATCF
-1	-900,000	–	–	–	-900,000
0	-1,100,000	–	–	–	-1,100,000
1	1,000,000	$400,000	$600,000	240,000	760,000
2	1,100,000	640,000	460,000	184,000	916,000
3	1,200,000	384,000	816,000	326,400	873,600
4	1,000,000	230,400	769,600	307,840	692,160
5	1,000,000	230,400	769,600	307,840	692,160
6	1,000,000	115,200	884,800	353,920	646,080
7	900,000	0	900,000	360,000	540,000
8	800,000	0	800,000	320,000	480,000

لقد افترضنا أن القيمة الباقية (السوقية) للاستثمار معدومة. إضافة إلى ذلك، يُفترض أن حسومات الاهتلاك وفق الطريقة MACRS لا تتأثر بالعمر المجدي للمنتج، وأنها تبدأ في السنة الأولى للعمل التجاري (السنة 1). نجد في (الشكل 7.10) رسماً بيانياً للمعدل IRR بعد الضرائب بدلالة العمر الفعلي لخط الإنتاج. وللحصول على عائد 15% سنوياً بعد الضرائب من هذا المشروع، ينبغي أن يكون عمر المنتج 4 ســـنوات أو أكثر. ويمكن أن نجد سريعاً من (الجدول 7.10) أن مدة الاسترداد البسيط بعد الضرائب هي 3 سنوات. ومن ثَمَّ، يبدو هذا المنتج الجديد استثماراً ملائماً، ما دام عمره الفعلي 4 سنوات أو أكثر.



الشكل 7.10: معدل الفائدة IRR لمختلف أعمار المنتج المذكور في المثال 10-10

8.10 تطبيقات وريقات الجدولة

تقدم تطبيقات وريقات الجدولة إمكانية رائعة للإجابة على الأسئلة من نوع "ماذا لو". تُستخدم في المثال التالي وريقة جدولة لتحديد حساسية القيمة الحالية للمشروع للعوامل المختلفة.

المثال 10-11

نستكشف في هذا المثال أثر القيمة الحالية لمشروع هندسي، نسبةً إلى استثمار رأس المال، والادخار السنوي، والقيمة السوقية، ومدة الدراسة، ومعدل العائد MARR.

	A	B	C	D	E	F
1	التقديرات الأكثر حدوثاً					
2	استثمار رأس المال I		($50,000)			
3	الاقتصاد السنوي A		$12,000			
4	القيمة السوقية MV		$5,000			
5	مدة الدراسة N		8			
6	المعدل MARR (i)		10%			
7	نسبة التغير %					
8		I	A	MV	N	i
9						
10	-50%	$ 41,352	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$ 30,943
11	-40%	$ 36,352	$ (9,256)	$ 15,419	$ (2,780)	$ 27,655
12	-30%	$ 31,352	$ (2,854)	$ 15,652	$ 2,563	$ 24,566
13	-20%	$ 26,352	$ 3,548	$ 15,885	$ 7,514	$ 21,661
14	-10%	$ 21,352	$ 9,950	$ 16,118	$ 12,101	$ 18,927
15	0%	$ 16,352	$ 16,352	$ 16,352	$ 16,352	$ 16,352
16	10%	$ 11,352	$ 22,754	$ 16,585	$ 20,290	$ 13,923
17	20%	$ 6,352	$ 29,155	$ 16,818	$ 23,940	$ 11,631
18	30%	$ 1,352	$ 35,557	$ 17,051	$ 27,321	$ 9,466
19	40%	$ (3,648)	$ 41,959	$ 17,285	$ 30,454	$ 7,419
20	50%	$ (8,648)	$ 48,361	$ 17,518	$ 33,357	$ 5,482

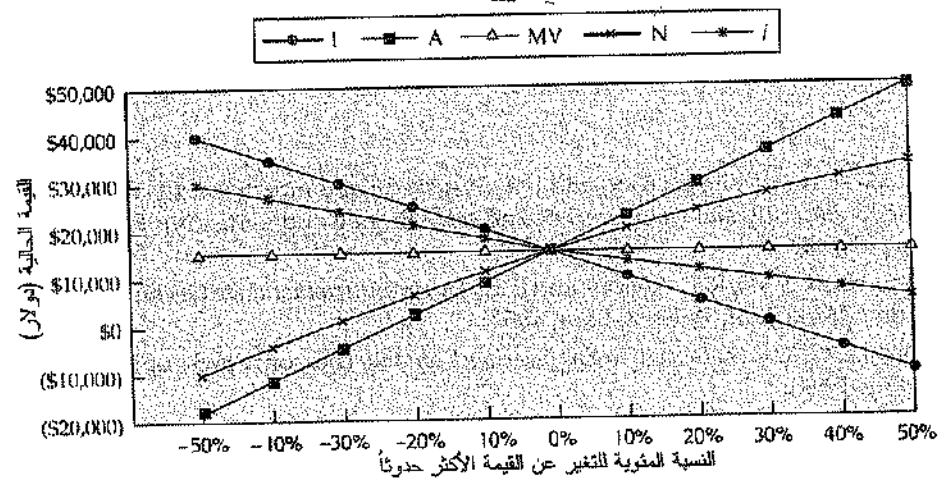
الشكل 8.10: وريقة جدولة لإجراء تحليل الحساسية (تظهر القيم الحالية في الجدول).

يبين (الشكل 8.10) الجدول الناتج للقيم الحالية، المقابلة لتغير كل عامل (متحول) للقيمة الحالية على مجال قدره ±50% من التقدير الأكثر حدوثاً. ولكل عمود صيغة فريدة تشير إلى العوامل الواقعة في المجال C2: C6 والتـي تدخل في تحديد القيمة الحالية. ويُضرب العامل المدروس، كمدة الدراسة الظاهرة في العمود E مثلاً، بالعامل (1+ التغير المئوي) عند

إنشاء الجدول. ويمكن تدقيق الصيغ بملاحظة أن جميع الأعمدة متساوية عند القيمة الأكثر حدوثاً (في حالة تغير مئوي = 0). إن الصيغ المظللة في (الشكل 8.10) هي التالية:

الخلية	المحتويات
B10	= $C$2 * (1+A10)+PV($C$6, $C$5, −$C$3)+$C$4/(1+$C$6)^$C$5
C10	= $C$2+PV($C$6, $C$5, −$C$3 * (1+A10))+$C$4/(1+$C$6)^$C$5
D10	= $C$2+PV($C$6, $C$5, −$C$3)+$C$4 * (1+A10)/(1+$C$6)^$C$5
E10	= $C$2+PV($C$6, $C$5 * (1+A10), −$C$3)+$C$4/(1+$C$6)^($C$5 * (1+A10))
F10	= $C$2+PV($C$6 * (1+A10), $C$5, −$C$3)+$C$4/(1+$C$6 * (1+A10))^$C$5

ولسهولة التفسير، من المفيد رسم نتائج تحليل الحساسية، الذي يُنجز بسهولة باستخدام سمة المخططات المتوفرة في معظم حزم وريقات الجدولة. يبيّن (الشكل 9.10) النتائج المرسومة (المخطط العنكبوتـــي) لهذا التحليل. ويُستخدم المنحنـــي "عمود النسبة المئوية للتغير" كمحور أفقي X، والأعمدة من B إلى F.



الشكل 9.10: تحليل الحساسية للعوامل الخمسة في المثال 10-11

يشير هذا المنحنـــي إلى أن القيمة الحالية أشد حساسية للادخار السنوي. يلي ذلك من حيث شدة الحساسية استثمارُ رأس المال. وأقـــل العوامل حساسية القيمةُ السوقية (هذا أمر متوقع، لأنها تمثل مبلغاً صغيراً بالدولار، وهي تُحسم بشدة لأنها تحدث في نهاية مدة الدراسة).

9.10 الخلاصة

يتطلب الاقتصاد الهندسي اتخاذ قرار من عدة خيارات تتنافس على استخدام موارد رأس المال النادرة. تمتد نتائج القرارات المتخذة عادة بعيداً في المستقبل. استخدمنا في هذا الفصل تقنيات غير احتمالية للتعامل مع الحقيقة التـــي تنص على عدم معرفة نتائج المشاريع الهندسية بيقين كامل. يشار إلى هذه الحالة عموماً باتخاذ القرار في ظل عدم التأكد.

عُرض في هذا الفصل العديد من أوسع الإجراءات الاحتمالية تطبيقاً واستخداماً للتعامل مع عدم التأكد في دراسات الاقتصاد الهندسي: (1) تحليل الحساسية، تحليل التعادل، بيانيات الحساسية، دمج العوامل. (2) تقديرات متشائمة ومتفائلة (3) معدلات العائد المسواة بالمخاطر. (4) تقليص العمر المجدي. يحدّد تحليل التعادل قيمة عامل شائع، وهو انشغالية الإمكانات، الذي تتساوى عنده الجاذبية الاقتصادية للحلين البديلين أو تُبرّر من أجله فائدة المشروع الاقتصادية. تُقارَن

نقطة التعادل هذه بتقدير مستقل للقيمة الأكثر حدوثاً (الأنسب) للعامل بغية المساعدة في الانتقاء بين الحلول البديلة أو اتخاذ قرار معين في أحد المشاريع. توضح تقنية بيان الحساسية أثر عدم التأكد في التقديرات لكل عامل مدروس في المشروع، على مقياس الاستحقاق الاقتصادي، وهو أداة تحليل قيّمة. وتُعدّ التقنيات المناقشة في المقطع 3.4.10 لتقدير الأثر المجتمع لتغير عاملين أو أكثر تقنيات مهمة عندما يُحتاج إلى معلومات إضافية للمساعدة على اتخاذ القرار. تهدف الإجراءات الباقية للتعامل مع عدم التأكد إلى انتقاء المسار الأفضل للأفعال، عندما تفتقر إحدى نتائج الحلول البديلة (أو أكثر) المقدَّرة إلى دقة التقدير.

ولسوء الحظ، لا يوجد جواب سريع وسهل للسؤال: "ما هي الطريقة الفضلى لأخذ عدم التأكد في حسبان تحليل الاقتصاد الهندسي؟". ففي الحالة العامة، تسمح الإجراءات البسيطة (مثل تحليل الحساسية) بتمييز معقول بين الحلول البديلة الواجب اتباعها، أو تحديد مدى قبول مشروع ما اعتماداً على عدم التأكد الحاضر، وهي زهيدة نسبياً عند تطبيقها. يمكن التمييز بين الحلول البديلة تمييزاً إضافياً أو تحديد مدى قبول مشروع ما بإجراءات أشد تعقيداً، تستخدم المفاهيم الاحتمالية (الفصل 13)، ولكن قد تَحول كلفتها وصعوبة تطبيقها دون استخدامها.

10.10 المراجع

CANADA, J. R., W. G. SULLIVAN, and J. A. WHITE. *Capital Investment Decision Analysis for Engineering and Management*, 2nd ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc., 1996).

CHURCHMAN, C. W., R. L. ACKOFF, and E. L. ARNOFF. *Introduction to Operations Research* (New York: John Wiley & Sons, 1957).

FLEISCHER, G.A. *Introduction to Engineering Economy* (Boston; PWS Publishing Company, 1994).

GRANT, E. L., W. G. IRESON, and R. S. LEAVENWORTH. *Principles of Engineering Economy* (New York: John Wiley & Sons, 1990).

MORRIS, W. T. *The Analysis of Management Decisions* (Homewood, IL: Richard D. Irwin Co., 1964).

11.10 المسائل

يشير الرقم بين قوسين، الذي يتبع كل مسألة، إلى الفقرة التـــي أخذت منها.

1.10 لماذا يجب أخذ آثار عدم التأكد في دراسات الاقتصاد الهندسي؟ ما هي بعض المصادر المحتملة لعدم التأكد في هذه الدراسات؟ (3.10).

2.10 أنشئ مسألة تحليل تعادل لاخطي خاصة بك. واكتب حلها، وأعدّ ملخصاً على صفحة واحدة للمسألة والحل للمناقشة (4.10).

3.10 عد إلى المثال 10-3. السؤال هنا يطابق المثال 10-3 حيث تُقدَّر الكلفة الزائدة لتقوية المنشأة للسماح بطابقين أو أكثر بقيمة 300,000 دولار. إن هذه الكلفة مرتاب بها. وتُفترض كافة التكاليف الأخرى يقينية. في حالة التصميم 2، لا تتوفر الأموال اللازمة لإضافة طوابق لاحقاً.

ما هي حساسية اختيار التصميم 1 والتصميم 2 عند تقدير الكلفة غير المؤكدة فيها بنسبة ± 30%. عبّر عن هذه الحساسية بدلالة $\hat{T}$. ارسم مخططاً بيانياً لشرح الإجابة. إن قيمة المعدل MARR هي 10% سنوياً.

4.10 يعدّ مشروع استثمار محتمل أمراً حاسماً لإحدى الشركات. إن القيم التالية هي أفضل التقديرات أو أكثرها حدوثاً:

الاستثمار	$100,000
العمر	10 سنوات
قيمة الاسترداد	$20,000
التدفق النقدي السنوي الصافي	$30,000
المعدل MARR	%10

يُرغب في إظهار حساسية مقياس الاستحقاق (القيمة السنوية الصافية) لتغير القيم المتوقعة على المجال ± 50% لما يلي: (أ) العمر، (ب) التدفق النقدي السنوي الصافي، (ج) معدل الفائدة. ارسم النتائج بيانياً. ما هو العنصر الذي يعدّ الأشد حساسية للقرار؟ (4.10)

5.10 لندرس الحلين البديلين التاليين:

	الحل الأول 1	الحل الثاني 2
استثمار رأس المال	$4,500	$6,000
الإيرادات السنوية	$1,600	$1,850
النفقات السنوية	$400	$500
القيمة السوقية المقدرة	$800	$1,200
العمر المجدي	8 سنوات	10 سنوات

آ. افترض أن قيمة السوق للحل 1 معروفة يقيناً. ما هو المقدار الذي يجب أن يتغير به تقدير القيمة السوقية للحل 2 بحيث يُعكس القرار الابتدائي المعتمد على هذه المعطيات؟ إن المعدل MARR السنوي هو 15% سنوياً (1.4.10).

ب. حدّد عمر الحل 1، الذي تتساوى فيه القيم السنوية (1.4.10).

6.10 يُدرس محركان، استطاعة كل منهما 100 حصان بخاري، لاستخدامها في الجدول المرافق.

	العلامة التجارية ABC	العلامة التجارية XYZ
سعر الشراء	$1,900	$6,200
العمر المجدي (سنة)	10	10
قيمة السوق	لا يوجد	لا يوجد
نفقات الصيانة السنوية	$170	$310
المردود	%80	%90

أ. إذا كانت كلفة الاستطاعة هي 0.1 دولار لكل kWh، ومعدل الفائدة هو 12% سنوياً، ما هو عدد ساعات التشغيل اللازمة سنوياً لتبرير شراء المحرك ذي العلامة التجارية XYZ (1 حصان بخاري = 0.746 كيلو وات) (5.10)

ب. اعتماداً على جواب السؤال (آ)، ما هو المحرك الذي ستنتقيه، إذا كان من المتوقع أن يعمل المحرك 2000ساعة سنوياً؟ اشرح لماذا (1.4.10).

7.10 تُتاح الحلول البديلة التالية لسدّ حاجة محددة، يُتوقع استمرارها على نحو لا نهائي:

	الحل A	الحل B	الحل C
الاستثمار الابتدائي	$2,000	$6,000	$12,000
العمر المجدي	6 سنوات	3 سنوات	4 سنوات
النفقات السنوية	$3,500	$1,000	$400

يُتوقع لكل حل بديل أن يكون معدوم القيمة السوقية بعد نهاية دورة حياته.

أ. حلّل حساسية الحل المفضَّل، الناتجة عن خطأ مقداره ± 30% في تقدير النفقات السنوية. استخدم معدل العائد الأدنـــى MARR 10% (4.10).

ب. حلّل حساسية الحل المفضَّل، الناتجة عن خطأ مقداره ± 50% في تقدير معدل العائد MARR (أي سيتغير معدل العائد MARR من 5% إلى 15%).

8.10 يُدرس محركان كهربائيان لتغذية منشأة صناعية. إن استطاعة كل منهما هي 90 حصان بخاري. وتعطى المعطيات المناسبة لكل محرك كما يلي:

	المحرك	
	D-R	Westhouse
استثمار رأس المال	$2,500	$3,200
المردود الكهربائي	0.74	0.89
الصيانة السنوية	$40	$60
العمر المجدي	10 سنوات	10 سنوات

إذا كان الاستخدام المتوقع للمنشأة هو 500 ساعة سنوياً، ما هي كلفة الطاقة الكهربائية اللازمة (مقدّرة بأجزاء الدولار لكل كيلو واط ساعة) ليكون المحرك D-R أنسب من المحرك Westhouse. إن المعدل MARR هو 12% سنوياً (ملاحظة: 1 حصان بخاري = 0.746 كيلو واط) (1.4.10).

9.10 توظف شركتك أسطولاً من الشاحنات الخفيفة المستخدمة لتوفير خدمات التسليم المتعاقد عليها. وبافتراض أنك مدير فنــي هندسي، تدرس شراء 55 شاحنة جديدة لتنضم إلى الأسطول. تُستخدم هذه الشاحنات ضمن إطار عقد جديد يحاول فريق المبيعات الحصول عليه. في حال شراء هذه الشاحنات، فإن كلفة كل منها هي 21,200 دولار. ويُقدر أن كلاً منها سيقطع 20,000 ميل سنوياً، وتُقدّر نفقات التشغيل والصيانة والنفقات الأخرى (وفق دولار العام 0) بقيمة 0.45 دولار لكل ميل، ويُتوقع ارتفاع الكلفة (تصعيدها) بمعدل 5% سنوياً، تُستهلك الشاحنات وفق الطريقة MACRS (GDS)، أي كممتلكات ذات 3 أعوام. تمتد مدة التحليل على 4 أعوام، نفترض أن t = 38%، ومعدل العائد MARR هو 15% سنوياً (بعد الضرائب، ويتضمن ذلك عنصر التضخم)، وتُقدّر القيمة السوقية في نهاية الأعوام الأربعة (وفق دولار العام 0) بنسبة 35% من سعر شراء الشاحنات. ويُتوقع تصعيد هذه التقديرات بنسبة 2% سنوياً.

اعتماداً على تحليل بعد الضرائب بالدولار الفعلي، ما هو الإيراد السنوي اللازم للشركة من العقد، لتبرير هذا الانفاق قبل أخذ الربح بالحسبان. إن المبلغ المحسوب للإيراد السنوي هو نقطة تعادل بين شراء الشاحنات. ما هو البديل الآخر؟(1.4.10).

10.10 تنظر سلسلة فنادق في إنشاء فندق جديد في مدينة Bigtown في الولايات المتحدة. تُقدّر كلفة فندق ذي 150 غرفة (ماعدا الأثاث) بقيمة 5 مليون دولار. تستخدم الشركة أفق تخطيط على 15 عام لتقييم الاستثمار من هذا النوع. ينبغي استبدال أثاث الفندق كل 5 أعوام بكلفة تصل إلى 1,875,000 دولار (في حالة $k = 0, 5, 10$). وليس للأثاث القديم أي قيمة سوقية. وتُقدر نفقات التشغيل والصيانة لهذه المنشأة بقيمة 125,000 دولار. تبلغ قيمة السوق للفندق بعد مرور 15 عام 20% من كلفة الإنشاء الابتدائية.

يُتوقع تأجير غرف الفندق بمعدل وسطي قدره 45 دولار في الليلة. ويُتوقع وسطياً تأجير 60% من غرف الفندق كل ليلة. افترض أن الفندق يفتح أبوابه 365 يوماً في العام وأن معدل العائد الأدنــى MARRهو 10% سنوياً(4.10).

آ. باستخدام مقياس القيمة السنوية، هل المشروع جذاب اقتصادياً؟

ب. حدد حساسية العوامل الثلاثة التالية لعكس القرار: (1) استثمار رأس المال. (2) المعدل MARR. (3) معدل الانشغالية (أي النسبة المئوية الوسطى للغرف المستأجرة في كل ليلة). حدّد العامل الذي يتأثر به القرار أشد تأثر.

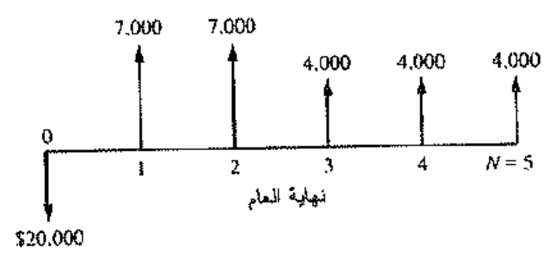
ج. تَحرَّ بيانياً حساسية القيمة السنوية لتغيرات العوامل الثلاثة. وتحرَّ التغيرات على المجال ± 40%، استخدم على المنحنــي التغير المئوي كمحور أفقي (x)، والقيمة السنوية كمحور شاقولي (y).

11.10 اقتُرح إنشاء منشأة بكلفة 50,000 دولار. تُقدر مدة الإنشاء بعامين، ونفقات رأس المال 20,000 دولار في السنة الأولى، و30,000 دولار في السنة الثانية. تعطى التدفقات النقدية كما يلي:

السنة	الوفر
-1	-$20,000
0	-$30,000
1	10,000
2	14,000
3	18,000
4	22,000
5	26,000

لا يُحتاج إلى المنشأة بعد مرور 5 أعوام، وستكون قيمتها السوقية 5,000 دولار. حلّل حساسية القيمة السنوية بسبب أخطاء التقدير لاقتصاد العام الأول، ولمقدار المبلغ المتدرج. استخدم جدولاً لإظهار نتائج التغير بمقدار ± 50% في المتحولات. إن معدل العائد الأدنــى MARR هو 10% سنوياً (4.10).

12.10 ليكن مخطط التدفق النقدي التالي:



ارسم تغيرات القيمة الحالية PW الموافقة لتغير عمر المشروع N ضمن المجال ± 20% و± 40%. ليكن i = 10% سنوياً، ولنفترض أن القيمة السوقية MV = 0. ضع أي فرضيات أخرى تراها مناسبة (2.4.10).

13.10 يجب شراء جهاز مراقبة لتدفق البخار فوراً في إحدى المحافظات. تُعطى التقديرات التالية الأكثر احتمالاً (الأنسب) من مجموعة مهندسين:

استثمار رأس المال	$140,000
الاقتصاد السنوي	$25,000
العمر المجدي	12 سنة
قيمة السوق (نهاية العام 12)	$40,000
المعدل MARR	10% سنوياً

ونظراً إلى عدم التأكد الكبير الذي يحيط بهذه التقديرات، يُرغب في تقدير حساسية القيمة الحالية PW عند تغير التقديرات التالية بمقدار ± 50%: (أ) الاقتصاد السنوي. (ب) العمر المجدي. (ج) معدل الفائدة (MARR). ارسم النتائج بيانياً، وحدّد العامل الأشد تأثيراً في القرار (2.4.10).

14.10 يُرغب في تحديد الثمن الأكثر اقتصاداً لعزل حجرة تخزين باردة ضخمة. تُقدر كلفة العزل بقيمة 150 دولار لكل 1000 قدم مربع من مساحة الجدار، ولكل إنش من الثخانة. وتبلغ ضرائب الأملاك السنوية والتأمينات نسبة 5% من استثمار رأس المال. ويُتوقع أن تكون قيمة السوق معدومة بعد مرور 20 عام. تُعطى فيما يلي تقديرات الفقد الحراري لكل 1000 قدم مربع من مساحة الجدار، لمختلف الثخانات:

ثخن العزل (انش)	الفقد الحراري (Btu لكل ساعة)
3	4,400
4	3,400
5	2,800
6	2,400
7	2,000
8	1,800

تُقدر كلفة الفقد الحراري بقيمة 0.02 دولار لكل 1000 Btu. إن المعدل MARR هو 20% سنوياً. نفترض استمرار العمل خلال العام. حلّل حساسية الثخن الأمثل لأخطاء تقدير كلفة الفقد الحراري. استخدم تقنية القيمة السنوية AW (يمكن استخدام وريقة جدولة حاسوبية هنا) (9.10, 4.10).

15.10 تبلغ كلفة آلة صناعية 10,000 دولار، وهي تحقق اقتصاداً نقدياً صافياً بمقدار 4000 دولار سنوياً. للآلة عمر مُجْدٍ قدره 5 أعوام، وينبغي إعادتها إلى المعمل لإجراء الإصلاحات الأساسية بعد 3 سنوات من العمل. تبلغ كلفة هذه الإصلاحات 5,000 دولار. إن المعدل MARR للشركة هو 10% سنوياً. ما هو معدل العائد الداخلي الذي سيُحصل عليه من شراء هذه الآلة؟ حلّل حساسية معدل العائد الداخلي لتغيّر بمقدار ± 2000 دولار لكلفة الإصلاح (4.10).

16.10 يُرغب في تحديد الارتفاع الأمثل لبناء مقترح، يُتوقع استمراره 40 عاماً، ثم هدمه لتكون قيمته السوقية معدومة. يظهر (الجدول 16.10P) المعطيات المناسبة. تحتاج الأرض، إضافة إلى استثمار رأس المال في البناء، إلى استثمار قدره 50,000 دولار، ويُتوقع الاحتفاظ بتلك القيمة طوال مدة عمره المجدي. حلّل حساسية القرار لتغير تقدير المعدل

MARR بين 10% و15% و20%.

استخدم طريقة القيمة الحالية PW بإهمال ضرائب الدخل (4.10).

الجدول P10-16: معطيات المسألة 16.10

	عدد الطوابق			
	2	3	4	5
استثمار رأس المال	$200,000	$250,000	$320,000	$400,000
الإيراد السنوي	40,000	60,000	85,000	100,000
النفقات السنوية	15,000	25,000	25,000	45,000

17.10 يبحث بناء مكاتب في التحول من التدفئة بالفحم إلى النفط أو الغاز. تُقدر كلفة التحول إلى النفط بمبلغ 80,000 دولار ككلفة ابتدائية. وتُقدر نفقات التشغيل السنوية بأن تكون أقل بمبلغ 4,000 دولار من التدفئة بالفحم. تُولد طاقة قدرها Btu 140,000 لكل غالون نفط. وتبلغ كلفة غالون النفط 1.10 دولار.

إن كلفة التحول إلى الغاز الطبيعي هي 60,000 دولار ككلفة ابتدائية، يُضاف إليها نفقات التشغيل والصيانة التـــي يُتوقع أن تكون أقل بـــ 6,000 دولار عن التدفئة بالفحم. تُولد طاقة قدرها Btu 1000 لكل قدم مكعب من الغاز الطبيعي. وتُقدر كلفة الغاز الطبيعي بقيمة 0.02 دولار لكل قدم مكعب.

يُستخدم أفق تخطيط يمتد على 20 عاماً. ويُعتقد أن قيمة السوق ستكون معدومة في النهاية، وأن قيمة المعدل MARR المناسبة هي 10% سنوياً. أجرِ تحليل حساسية لمتطلبات الطاقة Btu السنوية لنظام التدفئة (مساعدة: احسب أولاً رقم التعادل مقدراً بآلاف الـــ Btu). ثم حدد القيم السنوية AW إذا كانت متطلبات الطاقة Btu تتغير بمقدار ± 30% من مقدار التعادل) (4.10).

18.10 افترض أن التقديرات المتفائلة والمتشائمة والأكثر احتمالاً لأحد المشاريع الهندسية هي تلك المبينة في الجدول المرافق (3.4.10).

	التقدير المتفائل	التقدير الأكثر حدوثاً	التقدير المتشائم
استثمار رأس المال	$80,000	$95,000	$120,000
العمر المجدي	12 سنة	10 سنوات	6 سنوات
قيمة السوق	$30,000	$20,000	$0
التدفق النقدي الصافي السنوي	$35,000	$30,000	$20,000
المعدل MARR	12%/سنة	12%/سنة	12%/سنة

آ. ما هي القيمة السنوية AW لكل من أنواع التقديرات الثلاثة؟

ب. يُعتقد أن العوامل الأكثر حراجة هي العمر المجدي والتدفق النقدي السنوي الصافي. أنشئ جدولاً للقيم السنوية AW لجميع التراكيب الممكنة لهذين العاملين، بافتراض بقاء كافة العوامل الأخرى على القيم الأكثر حدوثاً.

19.10 افترض أن التقديرات المتفائلة والمتشائمة والأكثر حدوثاً، لأحد مشاريع الاستثمار، معطاة في الجدول المرافق (3.4.10).

	التقدير المتفائل	التقدير الأكثر حدوثاً	التقدير المتشائم
استثمار رأس المال	$90,000	$100,000	$120,000
العمر المجدي	12 سنة	10 سنوات	6 سنوات
قيمة السوق	$30,000	$20,000	$0
التدفق النقدي الصافي السنوي	$35,000	$30,000	$20,000
المعدل MARR	10% سنوياً	10% سنوياً	10% سنوياً

آ. ما هي القيمة السنوية لكل نوع من التقديرات الثلاثة؟

ب. يُعتقد أن العوامل الأكثر حراجة هي: العمر المجدي والتدفق النقدي السنوي الصافي. أنشئ جدولاً يبيّن كافة التراكيب المحتملة لهذين العاملين، بافتراض بقاء بقية العوامل عند القيم "الأكثر حدوثاً".

20.10 يراد إنشاء جسر كجزء من طريق جديد. حدد المهندسون أن كثافة المرور على الطريق الجديد تبرر إنشاء طريق ذي مسربين وجسر في الوقت الحالي. ونظراً إلى عدم التأكد في الاستخدام المستقبلي للطريق، يُدرس حالياً وقت إضافة المسربين الجديدين.

تبلغ كلفة الجسر ذي المسربين 200,000 دولار، وتُقدر كلفة الجسر ذي 4 مسارب بقيمة 350,000 دولار. إن الكلفة المستقبلية لتعريض جسر ثنائي المسار إلى 4 مسارب هي 200,000 دولار، إضافة إلى 25000 دولار لكل سنة تأخر في التوسع. إن المعدل MARR المستخدم لوزارة المواصلات هو 12% سنوياً. تعطى التقديرات التالية لوقت الحاجة إلى توسيع الجسر:

التقدير المتشائم	4 سنوات
التقدير الأكثر حدوثاً	5 سنوات
التقدير المتفائل	7 سنوات

استناداً إلى هذه التقديرات، بمَ تنصح؟ وما هي الصعوبة المواجهة، إن وجدت، في تفسير النتائج. اسرد بعض الميزات والمثالب لهذه الطريقة في إعداد التقديرات (3.4.10).

21.10 تستخدم شركات صناعية إفرادية الطاقة استخداماً فعالاً واقتصادياً. وثمة مبادرات لتعزيز مردود استهلاك الطاقة. وللتوضيح، ننظر في انتقاء مضخة ماء مقودة بمحرك كهربائي. يجب أن تعمل هذه المضخة 800 ساعة سنوياً. تبلغ كلفة المضخة A ‏2,000 دولار، ولها مردود إجمالي قدره 82.06%، وهي ذات استطاعة 11 حصان بخاري. تبلغ كلفة المضخة B ‏1,000 دولار، ولها مردود إجمالي قدره 45.13%، واستطاعتها 12.1 حصان بخاري. للمضختين عمر مجد مقداره 5 أعوام، وستباعان في ذلك الوقت. (نذكّر أنّ 1 حصان بخاري = 0.746 كيلو واط). نفترض عدم استخدام إمكانات ضخ إضافية للمضخة B.

تُهتلك المضخة A وفق الطريقة SL خلال الأعوام الخمسة؛ ولها قيمة SV معدومة. أما المضخة B، فهي تُهتلك وفق الطريقة MACRS لصف الممتلكات ذات الأعوام الثلاثة. تبلغ القيمة السوقية MV للمضخة A القيمة 400 دولار، وللمضخة B ‏200 دولار.

باستخدام الطريقة IRR، المعتمدة على التدفق النقدي بعد الضرائب ATCF، وبافتراض أن قيمة المعدل MARR *قبل الضرائب* هي 16.667%، هل يُبرر *الاستثمار المتزايد* في المضخة A اقتصادياً؟ إن معدل ضرائب الدخل الفعال هو

40%. وتبلغ كلفة الكهرباء 0.05 دولار لكل كيلو واط ساعة، وتمتد دراسة المضخة على 5 أعوام. حلّ المسألة بالاعتماد على تحليل بعد الضرائب (7.10).

22.10 يُصنع المحرك XYZ المذكور في المسألة 10-6 في دولة أجنبية، ويُعتقد أنه أقل موثوقية من المحرك ABC. ولمواجهة عدم التأكد، يُستخدم معدل عائد MARR مسوّى بالمخاطر قيمته 20% عند حساب القيم السنوية AW. بافتراض أن عدد ساعات التشغيل السنوية هو 1000 ساعة، ما هو المحرك الواجب انتقاؤه؟ ما هي الصعوبة المواجهة في هذه الطريقة (6.10).

23.10 بالعودة إلى المثال 10-7، المقطع 10-5، تُجرى التعديلات التالية على منشأة الخرسانة المخلوطة سلفاً (2.4.10) و(3.4.10).

آ. أنشئ رسماً بيانياً للحساسية (المخطط العنكبوتي). ضمِّن فيه أي قيم إضافية للعوامل التي تراها ضرورية. ضمِّن أيضاً تكاليف المواد الخام، كعامل إضافي في بيان الحساسية، بافتراض أن جميع المنافسين في هذه المسألة قد لا يستجيبون إلى تغير التكاليف بالطريقة ذاتها.

ب. استخدم، لأشد العاملَين تأثيراً في القيمة السنوية AW (أي أشد العاملَين حساسية)، التقنية البيانية المطبقة في المثال 10-5، لإظهار أثرهما المجتمع وضوحاً على القيمة السنوية AW.

ج. حلِّل، في حالة العوامل الثلاثة التي هي أكثر حساسية، الأثر المجتمع على لوائح القيمة السنوية AW (حدّد كيف تصوغ تراكيب نواتج العوامل بالطريقة الأنسب، وقد أوضح المثال 10-6 مقاربة للتقدير O-ML-P، ولكن يمكن وضع 3 أو 4 سيناريوهات لتغير العوامل المنتقاة).

24.10 *استحثاث للتفكير* (8.10, 7.10, 4.10).

لندرس الحلين البديلين التاليين لاستبعاد الفضلات الصلبة:

الحل A: ينص على تأسيس منشأة لمعالجة الفضلات الصلبة. وتعطى المتحولات المالية كما يلي:

استثمار رأس المال	108 مليون دولار في العام 2004 (يبدأ العمل التجاري عام 2004)
العمر المتوقع للمنشأة	20 سنة
نفقات التشغيل السنوية	3.46 مليون دولار (مقدرة بدولار العام 2004)
قيمة السوق المتوقعة	40% من كلفة رأس المال الابتدائية في كل الأوقات

الحل B: ينص على التعاقد مع بائعي الفضلات الصلبة بعد مرحلة الاسترجاع الوسيط. تُعطى المتحولات المالية كما يلي:

استثمار رأس المال	17 مليون دولار في العام 2004 (في حالة الاسترجاع الوسيط من سيل الفضلات الصلبة)
مدة العقد المتوقعة	20 سنة
نفقات التشغيل السنوية	2.10 مليون دولار (وفق دولار العام 2004)
كلفة الإصلاح لنظام الاسترجاع الوسيط كل خمسة أعوام	3 مليون دولار (وفق دولار العام 2004)
الرسوم السنوية المدفوعة إلى البائعين	10.3 مليون دولار (وفق دولار العام 2004)
قيمة السوق المقدرة في كل الأوقات	0 دولار

معطيات ذات صلة:

صف الممتلكات MACRS (GDS):	15 سنة (الفصل 6)
مدة الدراسة:	20 سنة
معدل ضريبة الدخل الفعلي	%40
المعدل MARR للشركة (بعد الضرائب):	%10 سنوياً
معدل التضخم	%0 (بإهمال التضخم)

آ. كم ينبغي أن يكون الحل B أعلى كلفة للتعادل مع الحل A (بدلالة استثمار رأس المال فقط).

ب. ما هو مقدار حساسية القيمة الحالية PW بعد الضرائب، المتعلقة بالحل B، في حال الاكتمال المشترك للحلين البديلين في نهاية العام العاشر؟

ج. هل يُعكس القرار الابتدائي لاعتماد الحل B في السؤال (آ) إذا تضاعفت نفقات التشغيل السنوية على نحو غير متوقع للشركة للحل B فقط (2.10 مليون دولار سنوياً)؟ اشرح لماذا (سلباً أم إيجاباً).

د. استخدم وريقة جدولة حاسوبية لحل هذه المسألة.

الجـزء الثالث

مواضيع إضافية في الاقتصاد الهندسي

11. تقييم المشروعات بطريقة نسبة المنفعة – التكلفة.
12. دراسات الاقتصاد الهندسي للمرافق المملوكة للمستثمرين.
13. تحليل المخاطرة الاحتمالي.
14. تمويل رأس المال وتخصيصه.
15. التعامل مع القرارات المتعددة الخصائص (المعايير).

الأموال هي بذور الأموال، ويكون الحصول على الجنيه الأول أحياناً أكثر صعوبة من الحصول على المليون الثانـــي.

جان جاك روسو؛ "مقالة في الاقتصاد السياسي" في العقد الاجتماعي 1762.

Jean Jacques Rousseau; "A Discourse on Political Economy" in ***The Social Contract 1762.***

تقييم المشروعات بطريقة نسبة المنفعة – التكلفة

يهدف هذا الفصل إلى: (1) وصف العديد من الخصائص المميزة للمشروعات العامة. (2) تعلم كيفية استخدام نسبة المنفعة – التكلفة (B-C) كمعيار لاختيار المشروع. وسندرس كلاً من المشروعات المستقلة والمشروعات الاستبعادية.

يناقش هذا الفصل الموضوعات التالية:

وجهة النظر والمصطلحات المرتبطة بالمشروعات العامة.

المشروعات الممولة ذاتياً والمشروعات ذات الأغراض المتعددة.

الصعوبات المرتبطة بتقييم مشروعات القطاع العام.

معدل الفائدة المستخدم في تقييم المشروعات العامة.

طريقة نسبة المنفعة – التكلفة.

تقييم المشروعات المستقلة بطريقة نسبة B-C.

مقارنة البدائل الاستبعادية.

الانتقادات الموجهة إلى طريقة نسبة المنفعة – التكلفة وأوجه القصور فيها.

1.11 مدخل

المشروعات العامة هي المشروعات التـي تخضع للسيطرة والتمويل والتشغيل من قبل الهيئات الحكومية. والأعمال العامة كثيرة، ومع أنها يمكن أن تكون ذات أحجام مختلفة، إلا أنها غالباً ما تكون أكبر حجماً من المشروعات الخاصة. وتحتاج هذه المشروعات، كما هو الحال في المشروعات الخاصة، إلى إنفاق الأموال، ولذلك فهي تخضع إلى مبادئ الاقتصاد الهندسي المتعلقة بتصميمها وتنفيذها واستثمارها. وبسبب كون هذه المشروعات عامة فإنها تنطوي على عـدد من العوامل الخاصة التـي لا تتوفر عادة فـي المشروعات التـي يموّلها ويشغّلها القطاع الخاص. ويبين (الجدول 1.11) الفروق بين المشروعات العامة والمشروعات الخاصة.

تؤدي هذه الفروق إلى صعوبة إجراء دراسات الاقتصاد الهندسي والقرارات المتعلقة بالاستثمار في القطاع العام بنفس الطرائق المستخدمة في المشروعات المملوكة للقطاع الخاص. وغالباً ما تستخدم معايير مختلفة للقرار، فيسبّب ذلك بعض المشكلات للجمهور (الذي يدفع الفاتورة) وللأشخاص المسؤولين عن اتخاذ القرار وأيضاً لأولئك المسؤولين عن إدارة مشروعات القطاع العام.

تمتد جذور طريقة المنفعة – التكلفة التـي تُستخدم عادة لتقييم المشروعات العامة إلى التشريعات الاتحادية (في الولايات المتحدة الأمريكية)، وخاصة إلى قانون Flood Control Act الصادر عام 1936 والذي يَشترط لتبرير تمويل المشروعات الممولة مركزياً (اتحادياً) أن تتجاوز المنافعُ الناجمة عنها تكاليفَها. وبعبارة أشمل، يمكن القول إن تحليل المنفعة – التكلفة هو

طريقة منهجية لتقييم قدرة المشروعات أو السياسات العامة على تحقيق ما هو مرغوب منها مع الأخذ في بالحسبان النظرة البعيدة المدى للتأثيرات المستقبلية من جهة، وأيضاً النظرة الواسعة لأية تأثيرات جانبية محتملة. ولمواجهة متطلبات هذه التوجيهات تنطوي طريقة B-C على حساب نسبة منافع المشروع إلى تكاليفه، وإضافةً إلى السماح للمحلل بتطبيق المعايير الشائعة الاستخدام في تقييم المشروعات الخاصة (IRR, PW, etc.)، تشترط معظمُ الهيئات الحكومية استخدامَ طريقة B-C.

الجدول 1.11: بعض الفروق الأساسية بين مشروعات القطاع العام ومشروعات القطاع الخاص.

	المشروع الخاص	المشروع العام
الغرض	توفير السلع والخدمات مقابل تحقيق الربح؛ زيادة الربح أو خفض التكاليف	حماية الصحة؛ حماية الأرواح والممتلكات؛ توفير الخدمات دون ربح؛ توفير الوظائف
مصادر التمويل	مستثمرون من القطاع الخاص أو مقرضون	الضرائب؛ القطاع الخاص (دائنون)
طريقة التمويل	الملكية الشخصية؛ شركات الأشخاص؛ شركات الأموال (المساهمة)	الضرائب المباشرة؛ القروض المعفاة من الفوائد؛ القروض بفوائد منخفضة؛ سندات للتمويل الذاتـي (سندات خاصة بالمشروع)[1]؛ الدعم غير المباشر للمشروعات؛ ضمانات للقروض من القطاع الخاص
تعدد الأغراض	محدود	شائع (مثل مشروع التحكم بالفيضان الذي يهدف إلى توليد الطاقة الكهربائية والزراعة والاستجمام والتعليم)
عمر المشروع	قصيرة نسبياً (5 إلى 20 سنة)	طويلة نسبياً (20 إلى 60 سنة)
علاقة الممولين بالمشروع	مباشرة	غير مباشرة أو غير موجودة
طبيعة منافع المشروع	مالية أو يمكن قياسها بسهولة بوحدات مالية (بدلالة النقود)	غير مالية عادة، ويصعب حسابها، كما يصعب قياسها والتعبير عنها بوحدات نقدية
المستفيدون من المشروع	في المقام الأول الجهة التـي تتعهد المشروع وتنفذه	جمهور المواطنين
تعارض الأغراض	محدود	شائع (بناء سد للتحكم بالفيضان مقابل الحفظ على البيئة)
تعارض المصالح	محدود	شائع جداً (بين الهيئات المختلفة)
أثر السياسات	قليل إلى محدود	يتأثر بعوامل متعددة، منها الولاية القصيرة لصانعي القرار، وجماعات الضغط، والقيود المالية والمحلية...الخ
قياس الكفاءة	معدل العائد على رأس المال	صعب جداً، ولا توجد مقارنة مباشرة مع المشروعات الخاصة

2.11 وجهة النظر الخاصة بتحليل المشروعات العامة ومصطلحاتها

قبل تطبيق طريقة نسبة المنفعة – التكلفة لتقييم المشروعات العامة، لا بد من بناء وجهة النظر المناسبة المتعلقة بها. في

[1] العبارة بين القوسين أضيفت لتوضيح المعنـى (المترجم).

إنجاز تحليل الاقتصاد الهندسي لأي مشروع سواء كان عاماً أم خاصاً، فإن وجهة النظر المناسبة هي ضرورة تعظيم المنافع الصافية لمالكي المنشأة المعنية بالمشروع. وتتطلب هذه العملية الإجابة سلفاً على سؤال من يمتلك المشروع. وعلى سبيل المثال بأخذ مشروع توسيع عرض طريق من أربع حارات إلى ست حارات، فإنّ تنفيذ المشروع من قبل وزارة المواصلات[2] باستخدام أموال من الموازنة الحكومية قد يجعلنا نقول بأن الحكومة هي مالك المشروع، إلا أنّ أموال الموازنة تأتـــي في الحقيقة من الضرائب، ومن ثَمّ فإن المالكين الحقيقيين للمشروع هم دافعو الضرائب.

ووفق ما أشرنا إليه فيما سبق، تتطلب نسبة المنفعة – التكلفة حساب نسبة المنافع إلى التكاليف، وتعرف *منافع* المشروع بأنها النتائج الإيجابية للمشروع بالنسبة للمواطنين، على حين تمثل *تكاليف* المشروع النفقات المالية التـــي تدفعها الحكومة. ويمكن أيضاً أن يرتب المشروع نتائج سلبية للمواطنين، ويمكن توضيح ذلك بالعودة إلى مشروع توسيع عرض الطريق الذي سيؤدي إلى فقدان بعض مالكي المشروع (المزارعون في منطقة مسار الطريق) لقسمٍ من أراضيهم، ومن ثَمّ خسارتهم لقسمٍ من إيراداتهم السنوية من هذه الأراضي. وبسبب ترتب هذه النتيجة السلبية للطريق على (قسم من) المواطنين، لا يمكن تصنيفها كمنفعة للمشروع أو كتكلفة. يُستخدم مصطلح *أعباء Disbenefits* للإشارة إلى النتائج السلبية الناجمة عن المشروع للمواطنين.

المثال 1-11

اقتُرح إنشاء مركز للمؤتمرات ومجمع رياضـــي لمجلس مدينة غوثام Gotham. وإذا ما تمت الموافقة على هذا المشروع العام فسيُموَّل بإصدار سندات بلدية، وسيُنشأ المشروع في حديقة المدينة قرب مركز مدينة غوثام في منطقة شجرية تتضمن طريقاً للدراجات وممشى طبيعي وبحيرة. وبسبب امتلاك المدينة للحديقة لن تَدفع ثمن الأرض. والمطلوب تحديد منافع المشروع، وتكاليفه، وأعبائه، كلاً على حده.

الحل

المنافع: تحسين صورة مركز مدينة غوثام
إمكانية جذب المؤتمرات والاجتماعات إلى مدينة غوثام
إمكانية جذب أصحاب الامتيازات الرياضية المحترفين إلى مدينة غوثام
الإيرادات المتحققة من تأجير المرفق
زيادة إيرادات تجار مركز مدينة غوثام
استخدام المرفق في الاحتفالات بمناسبات المدينة

التكاليف: التصميم المعماري للمنشآت
إنشاء المشروع
تصميم وإنشاء مرآب للسيارات قرب المشروع
تكاليف تشغيل وصيانة المرفق
تكاليف التأمين على المرفق

[2] وزارة المواصلات المقابلة لما يطلق عليه في الولايات المتحدة Department of Transportation (المترجم).

الأعباء:	خســـارة استخدام الســـكان المحليين لقسم من حديقة غوثام، ولطريق الدراجات والممشـــى الطبيعي والبحيرة.

3.11 المشروعات الممولة ذاتياً

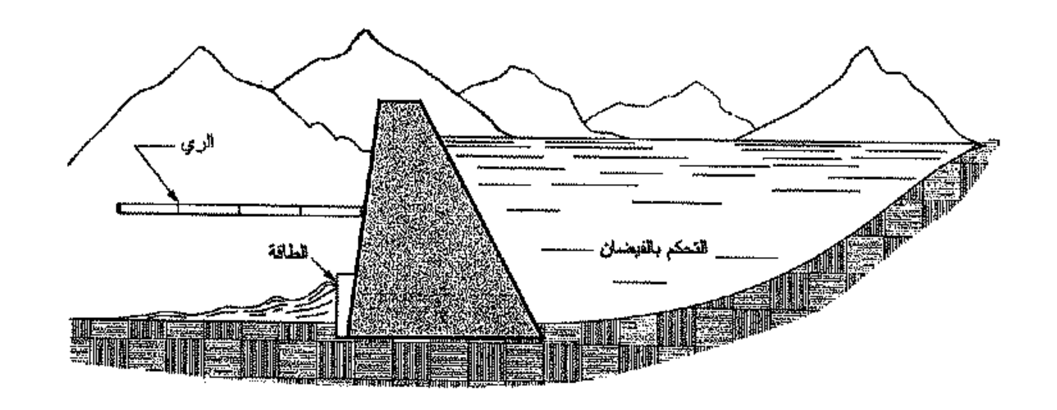
يسري مصطلح المشروعات ذات التمويل الذاتـــي على المشروعات التـــي يتوقع منها أن تحقق إيرادات مباشرة كافية لتغطية تكاليفها خلال مدة محدودة من الزمن. وغالباً ما توفر هذه المشاريع خدمات مرفقية كما هو الحال في المياه النظيفة والطاقة الكهربائية والصرف الصحي التـــي يوفرها مثلاً السد الهيدروكهربائي. ومن الأمثلة الأخرى على المشروعات ذات التمويل الذاتـــي مشروعات الجسور والطرق السريعة المأجورة.

والقاعدة أن مشروعات التغطية الذاتية للتمويل يتوقع منها أن تحقق إيرادات مباشرة تكفي لتغطية تكاليفها دون أن تحقق أية أرباح أو تدفع أية ضرائب على الدخل، ومع أنها معفاة أيضاً من ضرائب الملكية، فقد تدفع في بعض الأحيان بعض الرسوم لحكومات الولاية أو المقاطعة أو البلدية للتعويض عن ضرائب الملكية أو الامتياز التـــي كانت ستُجبـــى فيما لو كانت ملكية المشروع للقطاع الخاص. فمثلاً وافقت حكومة الولايات المتحدة على دفع مبلغ $300,000 سنوياً ولمدة 50 سنة لولايتـــي أريزونا Arizona ونيفادا Nevada بدلاً من الضرائب المستحقة فيما لو تم إنشاء وتشغيل سد هوفر Hoover من قبل القطاع الخاص. وهذه الدفعات البديلة عادة ما تكون أقل إلى درجة ملموسة من ضرائب الملكية أو الامتياز التـــي كان من الممكن فرضها. وأيضاً لا تتغير هذه الدفعات بعد الاتفاق عليها في بداية تنفيذ المشروع، ولا ينطبق ذلك على ضرائب الملكية التـــي تستند قيمتها إلى قيمة الملكية وتتغير مع تغيرها.

4.11 المشروعات ذات الأغراض المتعددة

تتميز مشروعات القطاع العام بأن العديد من هذه المشروعات له أغراض وأهداف متعددة. فمثلاً يوفر إنشاء سد لتجميع بحيرة على نهر (انظر الشكل 1.11) أغراضاً متعددة هي: (1) المساعدة في التحكم في الفيضان، (2) توفير مياه للري، (3) توليد الطاقة الكهربائية، (4) توفير مرفق للترفيه والاستجمام، (5) توفير مياه للشرب. ويُعدّ تطوير هذا المشروع لتحقيق أكثر من غرض تأكيداً لتحقيقه اقتصادية إجمالية أفضل. ولما كان إنشاء السد يتطلب تخصيص مبالغ كبيرة وكذلك استخدام موارد طبيعية قيّمة (النهر)، فإنّ تحقيق المشروع لأغراضٍ متعددة يساهم في تبرير إنشائه. وتعد هذه المشروعات مرغوبة في أغلب الحالات، إلا أنها تسبب في الوقت نفسه مشكلات اقتصادية وإدارية نتيجة لتداخل استخدام المنشآت وإمكانية تضارب المصلحة بين الأغراض المتعددة والهيئات المختلفة المعنية بالمشروع.

ويمكن إظهار المشكلات الأساسية التـــي تظهر عادة لدى تقييم المشروعات العامة بالعودة إلى السد المبين في (الشكل 1.11) والمشروع المعروض للدراسة هنا هو سد يفترض أن يتم إنشاؤه في الجزء المركزي شبه الجاف من ولاية كاليفورنيا California، وذلك للتحكم في فيضانات الربيع الناجمة عن ذوبان الثلوج في سييرا نيفادا Sierra Nevadas. وإذا أمكن تحويل قسم من المياه المحجوزة خلف السد إلى الأراضي المجاورة، فإن توفير مياه الري سيؤدي إلى زيادة الإنتاجية، ومن ثم ارتفاع قيمة هذه الأراضي، وسيؤدي هذا إلى زيادة في موارد الدولة. ولذلك ينبغي توسيع أهداف المشروع بحيث تشمل التحكم في الفيضان والري.



الشكل 1.11: تمثيل توضيحي لمشروع متعدد الأغراض يتضمن التحكم بالفيضان والري والطاقة.

كما أن حجز السد للمياه وارتفاع منسوب المياه في أحد جانبيه وانخفاضه في الجانب الآخر يؤدي إلى فقدان موارد للدولة إذا لم يتم تسيير المياه عبر مولدات (توربينات) لتوليد الطاقة الكهربائية، وهذه الطاقة يمكن توزيعها على المستهلكين في المناطق المجاورة للحوض وهذا يعطي للمشروع غرضاً ثالثاً هو توليد الطاقة الكهربائية.

وأيضاً، يؤدي إنشاء بحيرة كبيرة خلف السد في هذه المنطقة شبه الجافة إلى توفير مرفق قيم للصيد ورياضة القوارب والسباحة وإنشاء المخيمات، أي توفير غرض رابع للمشروع هو تزويد مرافق للاستجمام. ويتمثل الغرض الخامس للمشروع في توفير مصدر منتظم يمكن الاعتماد عليه للتزويد بمياه الشرب.

لكل من الأغراض المذكورة آنفاً للمشروع قيم اقتصادية واجتماعية موجبة، وهكذا فإن المشروع الذي بدأ لتحقيق غرض وحيد أصبح له الآن خمسة أغراض، وإن الفشل في الاستفادة من تحقيق الأغراض الخمسة مجتمعة يعني ضياعاً لموارد قومية هامة. من ناحية أخرى، يؤدي هذا المشروع إلى تحمل المواطنين لأعباء ينبغي أخذها في الحسبان، أهمها هو خسارة بعض الأراضي الزراعية في المنطقة التي ستغمرها مياه البحيرة، ويمكن أن تتضمن الأعباء الأخرى: (1) خسارة مناطق النهر ذات الجريان السريع والتي يستخدمها هواة رياضة القوارب، (2) خسارة الترب الخصبة التي كانت تنتقل عبر النهر إلى ما خلف السد نتيجة لفيضانات الربيع، (3) الأثر البيئي السلبي الناجم عن اعتراض جريان النهر.

إذا بُني السد لتحقيق الأغراض الخمسة، فإنّ حقيقةَ أن سداً واحداً سيحقق هذه الأغراض جميعها يقود إلى ثلاثة مشكلات أساسية على الأقل. *الأولى* هي توزيع تكلفة السد على كلٍّ من هذه الأغراض، فبفرض أن التكلفة التقديرية للمشروع هي $35,000,000 مثلاً، ويشمل هذا الرقم تكاليف الاستملاك وتحضير الأرض التي سيتم تغطيتها بالمياه خلف السد، وتكاليف إنشاء السد، ونظام الري، وآلات توليد الطاقة، ومحطات الضخ والتنقية لمياه الشرب، وكذلك تكاليف تصميم وتطوير المنشآت المخصصة للاستجمام. ويتضح تخصيص بعض هذه التكاليف على أغراض محددة (كما هو الحال مثلاً في تكاليف إنشاء نظام الري)، ويبقى السؤال: ما هو الجزء من التكاليف الذي ينبغي تخصيصه لغرض التحكم في الفيضان؟ وما هو المبلغ الذي يجب تخصيصه للري؟ وما هو الجزء الذي ينبغي تخصيصه للطاقة الكهربائية ولمياه الشرب ولغرض الاستجمام؟

والمشكلة الأساسية *الثانية* تتمثل في تضارب المصالح بين الأغراض المتعددة للمشروع، التي يمكن توضيحها بدراسة القرار المتعلق بمنسوب المياه الذي يجب تحقيقه خلف السد، حيث يتطلب تحقيق الغرض الأول وهو التحكم في الفيضان الحفاظ على البحيرة عند منسوب قريب من حالة التفريغ لتوفير أكبر سعة تخزين خلال شهور ذوبان الثلج في فصل

الربيع، ويتضارب تحقيق هذا المنسوب المنخفض مع غرض توليد الطاقة الكهربائية الذي يتطلب تحقيقه الحفاظ على أعلى منسوب ممكن خلف السد في جميع الأوقات، كما أن غرض زيادة منافع الاستجمام يتحقق بالحفاظ على منسوب ثابت للمياه خلف السد خلال العام. ويُظهر هذا المثال تضارب المصلحة بين الأغراض المتعددة، ويعنـــي ذلك أنّه لا بد من اتخاذ قرارات توفيقية، ولهذه القرارات أثر كبير على المنافع الناجمة عن المشروع.

أما المشكلة *الثالثة* في المشروعات المتعددة الأغراض فهي الحساسية السياسية، ذلك أن كلاً من الأغراض المتعددة لهذه المشاريع، وحتـــى المشاريع نفسها يمكن أن تكون مقبولة أو مرفوضة من قبل مجموعة من المواطنين أو من قبل المجموعات ذات المصالح المختلفة التـــي يمكن أن تتأثر بالمشروع، وغالباً ما تتحول مثل هذه المشروعات إلى مواضيع سياسية[3]، ويؤثر هذا التضارب في المصالح على توزيع التكاليف ومن ثم على مجمل اقتصاديات هذه المشروعات.

تؤدي العوامل الثلاثة السابقة إلى نتيجة صافية وهي أن توزيع التكلفة في حالة مشروعات القطاع العام على الأغراض المتعددة يميل ليكون اختيارياً. ويتبع ذلك أن تكاليف إنتاج وتوزيع الخدمات الناجمة عن هذه المشروعات اختياري بدوره، وبسبب هذه الحقيقة، لا يمكن استخدام هذه التكاليف كمؤشرات للمقارنة مع حالة مشروعات القطاع الخاص المشابهة لتحديد الكفاءة النسبية لكل منها في حالة الملكية العامة والخاصة.

5.11 صعوبات تقييم مشروعات القطاع العام

مع جميع الصعوبات التـــي تمت دراستها في تقييم مشروعات القطاع العام، يتساءل المرء باستغراب إذا كان ينبغي إجراء دراسات الاقتصاد الهندسي على مثل هذه المشروعات. وفي معظم الحالات، لا يمكن إجراء الدراسات الاقتصادية بوجه كامل وشامل ومُرْضٍ كما هو الحال في دراسة المشروعات الممولة من القطاع الخاص. ففي القطاع الخاص، تُدفع *تكاليف* المشروع من قبل الشركة التـــي تتبنى تنفيذ المشروع، وتمثل *المنافع* النتائج الإيجابية للمشروع التـــي تحققها الشركة. وبوجه عام تُهمل أية تكاليف أو منافع تجري خارج نطاق الشركة في التقييم ما لم يكن من المتوقع أن تحقق هذه العوامل الخارجية تأثيراً غير مباشر على الشركة. إلا أن عكس ذلك هو الصحيح في حالة المشروعات العامة، وينص قانون التحكم في الفيضان الصادر عام Flood Control Act 1936 على: "إذا تجاوزت المنافع التـــي يمكن تحقيقها لأيٍّ كان التكاليف التقديرية"، وهكذا تعد أية منافع ناجمة عن المشروع العام مرتبطة به وينبغي أن تدخل في الحساب. وببساطة يعد تعداد جميع منافع المشروع العام الكبير الحجم مهمةً كبيرةً! كما أنّه ينبغي تقدير القيم النقدية بطريقة ما لهذه المنافع لجميع قطاعات الجمهور المتأثرة بالمشروع. وبقطع النظر عن كون الأشخاص الذين يجب عليهم اتخاذ القرارات المتعلقة باستثمار الأموال في المشروعات العامة موظفين منتخبين أم معينين، أم أنهم مديرون، أم أنهم الجمهور عبر استفتاء عام لهم. وبسبب رأس المال الكبير والتبعات الطويلة الأجل المرتبطة بالعديد من هذه المشروعات، فإن اتباع طريقة منهجية لتقييمها يعد أمراً حيوياً.

تنطوي المشروعات العامة على عدد من الصعوبات لا بد من أخذها بالحسبان لدى إجراء دراسات الاقتصاد الهندسي

---

[3] تأخر إنشاء سد تيليكو Tellico على نهر ليتل تينيسي Little Tennesee تأخراً ملحوظاً نتيجة وجود نوعين من الأعباء هما: (1) الاهتمام بأثر المشروع على بيئة الأسماك الصغير من نوع سنيل دارتر Snail darter، (2) غمر أراضي مقابر تعد مقدسة من قبل قبيلة الشيروكي Cherokee Nation.

وصنع القرارات الاقتصادية المتعلقة بها. وفيما يلي بعض هذه الصعوبات:

1. غياب الربح كمعيار يمكن استخدامه لقياس الفعالية المالية، وذلك بسبب أن معظم المشروعات العامة لا تهدف للربح.
2. صعوبة قياس الأثر المالي لعدد من منافع المشروعات العامة.
3. الاتصال المحدود أو المعدوم بين المشروع وبين الجمهور المالك للمشروع.
4. عادة ما يتأثر المشروع بالسياسة بقوة وخاصة عند استخدام النفقات العامة. فعندما تُتخذ القرارات المتعلقة بالمشروعات العامة من قبل موظفين منتخبين يسعون لإعادة انتخابهم، *فعادة ما يجري التركيز على المنافع والتكاليف العاجلة، مع عدم اعتبار أو إهمال النتائج البعيدة المدى الأكثر أهمية*.
5. غياب حافز الربح المستخدم لتشجيع التشغيل الفعال للمشروع، ولا يعني ذلك بالضرورة أن جميع المشروعات العامة تعاني انعدام الكفاءة أو أن مديريها وموظفيها لا يحاولون القيام بعملهم بكفاءة. إلا أن حافز الربح المباشر الذي يظهر في حالة الشركات المملوكة للقطاع الخاص له تأثير إيجابي على فعالية المشروع الخاص.
6. تخضع المشروعات العامة عادة لقيود قانونية أكثر من المشروعات الخاصة. فمثلاً، قد تُحصَر منطقة بيع الكهرباء لمحطة كهرباء مملوكة لبلدية مدينة ما ضمن حدود هذه المدينة، بقطع النظر عن إمكان وجود سوق للطاقة الإضافية خارج حدود المدينة.
7. تعد قدرة الأجهزة الحكومية على الحصول على الأموال أكثر تقييداً بكثير من المنشآت الخاصة.
8. يعد معدل الفائدة المناسب لخصم منافع وتكاليف المشروعات العامة من الأمور المثيرة للجدل وذات الحساسية السياسية. ولتوضيح ذلك، يمكن استخدام معدلات الفائدة المنخفضة لتفضيل المشروعات الطويلة الأجل والتي تتحقق منافعها الاجتماعية والمالية في المستقبل، على حين يؤدي استخدام معدلات مرتفعة للفائدة إلى تشجيع النظرة القصيرة المدى حيث تستند القرارات غالباً على الاستثمارات الأولية وعلى المنافع التي تتحقق فوراً.

تتضمن الفقرة التالية مناقشة لوجهات النظر والاعتبارات المختلفة التي تستخدم عادة لتحديد معدل الفائدة المناسب للمشروعات العامة.

6.11 ما هو معدل الفائدة الذي يجب استخدامه في المشروعات العامة

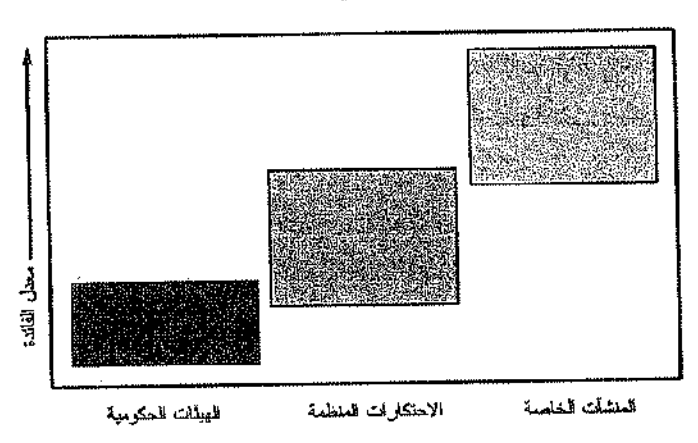
تؤدي معدلات الفائدة في تقييم المشروعات العامة الدور نفسه الذي تؤديه في حساب القيمة الزمنية للنقود في تقييم مشروعات القطاع الخاص. إلا أن منطق استخدام معدلات الفائدة هنا مختلف نوعاً ما. ويهدف اختيار معدل الفائدة في القطاع الخاص إلى التوجيه مباشرة لاختيار المشروعات التي تزيد الربح وتخفض التكاليف. أما في القطاع العام فلا تهدف المشروعات إلى تعظيم الربح وإنما إلى *تعظيم المنافع الاجتماعية*، وذلك بافتراض أن هذه المنافع قد قيستْ بوجه مناسب. يهدف اختيار معدل الفائدة في القطاع العام إلى تحديد كيف ينبغي توزيع الأموال المتوفرة بأفضل أسلوب ممكن بين المشروعات المتنافسة لتحقيق الأهداف الاجتماعية. ويوضح (الشكل 2.11) الفروق النسبية في قيم معدلات الفائدة بين الهيئات الحكومية والاحتكارات المنظمة والمنشآت الخاصة.

وهناك ثلاثة اعتبارات أساسية ينبغي الاستناد إليها لتحديد معدل الفائدة الذي يجب استخدامه في دراسات الاقتصاد الهندسي لمشروعات القطاع العام:

1. معدل الفائدة على المال المقترض.
2. تكلفة فرصة رأس مال الهيئة الحكومية.
3. تكلفة فرصة رأس المال لدافعي الضرائب.

وكقاعدة عامة، من المناسب استخدام معدل الفائدة على المال المقترض كمعدل فائدة في الحالات التي يُقترض فيها اقتراض المال بوجه خاص للمشروع أو المشروعات قيد الدراسة. فمثلاً، إذا ما قامت إحدى البلديات بإصدار سندات لتمويل مشروع مدرسة جديدة، فإن معدل الفائدة الفعلية الذي تحققه هذه السندات هو المعدل الذي ينبغي استخدامه في الحساب.

في مشروعات القطاع العام تتضمن تكلفة الفرصة لرأس مال الهيئة الحكومية المعدل السنوي *للمنافع* سواء كانت للجمهور الذي تخدمه هذه الهيئة أم لمجموع دافعي الضرائب الذين يتولون تمويل المشروع في نهاية المطاف. فإذا اختيرت المشروعات على أساس تحقيق المشروعات المقبولة *لعائد* (بدلالة المنافع) أعلى من أيٍّ من المشروعات المرفوضة، فإن معدل الفائدة المستخدم في التحليلات الاقتصادية هو المعدل الذي يحقق أفضل فرصة جرت التضحية بها. وإذا ما طُبِّقتْ هذه العملية على جميع مشروعات واستثمارات الهيئة الحكومية، نتوصل إلى النتيجة التي تمثل *تكلفة الفرصة لرأس مال الهيئة الحكومية*. وهناك معارضة قوية لهذا التوجه تتمثل في أن اختلاف حجوم التمويل للهيئات المختلفة والطبيعة المختلفة لمشروعات كل من هذه الهيئات سيؤدي إلى معدلات مختلفة للفائدة لكل من هذه الهيئات، وذلك رغم اشتراكها جميعاً في مصدر التمويل وهو الضرائب التي يجري تحصيلها من مجموع المواطنين.



الشكل 2.11: الفروق النسبية بين معدلات الفائدة للهيئات الحكومية والاحتكارات المنظمة والمنشآت الخاصة.

أما الاعتبار الثالث الذي يمثل تكلفة الفرصة لدافعي الضرائب فهو يستند إلى فلسفة أن الإنفاق الحكومي يؤدي إلى حرمان دافعي الضرائب من أموال يمكنهم استثمارها في استثمارات أخرى. وعادة ما تكون تكلفة فرصة رأس المال بالنسبة لدافعي الضرائب أعلى من تكلفة اقتراض الأموال أو تكلفة الفرصة للهيئات الحكومية، وهناك دعوات قوية لتطبيق أعلى هذه المعدلات كمعدل للفائدة لتقييم المشروعات العامة، حيث إنه لا يعد أمراً مقبولاً من وجهة النظر الاقتصادية سحب الأموال من دافعي الضرائب لاستثمارها في مشروعات حكومية لتحقيق منافع أقل من تلك التي يمكن لدافعي الضرائب تحقيقها فيما لو قاموا باستثمار أموالهم بأنفسهم.

وقد دُعمتْ هذه الدعوات بفضل التوجيه الصادر عن الحكومة الاتحادية الأمريكية في سنة 1992 – والساري المفعول

حالياً – بواسطة مكتب الإدارة والموازنة[4] Office of Management and Budget (OMB). وبموجب هذا التوجيه يجب استخدام معدل فائدة 7% في التقييم الاقتصادي لطيف واسع من المشروعات الاتحادية، مع وجود استثناءات محددة (مثلاً، تُستخدم معدلات أقل في تقييم مشروعات الموارد المائية). ويمثل هذا المعدل 7% تقريباً أولياً على الأقل للعائد الحقيقي على الأموال التـي يمكن لدافع الضرائب تحقيقه باستخدام هذه الأموال في استثمارات خاصة، وهو ما يتوافق مع العائد الاسمي التقريبـي في السوق والذي يساوي 10% سنوياً.

تتبنـى إحدى النظريات الأخرى لتحديد معدلات الفائدة للمشروعات الاتحادية توجهاً مضمونه أنّ "معدل الخصم الاجتماعي" المستخدم في هذه التحليلات يجب أن يساوي المعدل الخالي من المخاطرة والذي يتحدد في السوق للاستثمارات الخاصة[5]. ووفق هذه النظرية يجب استخدام معدل اسمي للفائدة لا يتجاوز 3 إلى 4% سنوياً.

ركّزنا في المناقشة السابقة على *الاعتبارات* التـي ينبغي أن تؤدي دوراً في تحديد معدل الفائدة للمشروعات العامة. وكما هو الحال في المشروعات الخاصة، لا تتوفر صيغة بسيطة لتحديد المعدل المناسب للفائدة للمشروعات العامة. وباستثناء المشروعات الخاضعة للتوجيه الصادر عن مكتب الإدارة والموازنة عام 1992، فإنّ تحديد معدل الفائدة هو قرار يتعلق إلى حد بعيد بسياسة الهيئة الحكومية التـي تقوم بالتحليل.

7.11 طريقة نسبة المنفعة – التكلفة

تتضمن طريقة المنفعة – التكلفة كما يوحي اسمها، حساب نسبة المنافع إلى التكاليف. وسواء قُيِّم المشروع في القطاع الخاص أم العام، فيجب الأخذ بالحسبان القيمة الزمنية للنقود وأوقات التدفقات النقدية (أو المنافع) التـي ستحدث بعد بدء المشروع. وهكذا فإن نسبة B-C هي في الحقيقة نسبة *المنافع المخصومة إلى التكاليف المخصومة*.

وينبغي لأية طريقة تُعتمد رسمياً لتقييم المشروعات في القطاع العام أن تأخذ في الحساب أهمية تخصيص الموارد لتحقيق الأهداف الاجتماعية. وما زالت طريقة نسبة المنفعة – التكلفة ومنذ أكثر من 60 عاماً أسلوباً مقبولاً لصنع قرارات الاستمرار/عدم الاستمرار للمشروعات المستقلة ولمقارنة المشروعات الاستبعادية في القطاع العام، ورغم أن الطرائق الأخرى التـي عُرضت في الفصل الرابع (IRR, AW, PW الخ) تقود إلى توصيات مطابقة، *وذلك بافتراض التطبيق السليم لجميع هذه الأساليب*.

تهدف هذه الفقرة إلى وصف وشرح طريقة نسبة المنفعة – التكلفة لتقييم المشروعات. وسنعرض نسبتين مختلفتين للمنفعة – التكلفة وذلك لأنهما تُستخدمان في الواقع العملي من قبل الهيئات الحكومية والبلديات المختلفة. وتقود كلتا النسبتين إلى *القرار نفسه* المتعلق بالمشروع هو الأفضل عند مقارنة المشروعات الاستبعادية.

تعرّف نسبة B-C بأنها نسبة القيمة المكافئة للمنافع إلى القيمة المكافئة للتكاليف. حيث يمكن استخدام القيمة الحالية أو القيمة السنوية أو القيمة المستقبلية كمقياس للقيمة المكافئة، وعادة تُستخدم PW أو AW. ويستخدم معدل الفائدة الذي تمت مناقشته في الفقرة السابقة في حسابات القيمة المكافئة. وتسمى نسبة المنفعة – التكلفة أيضاً *بنسبة الاقتصاد إلى*

[4] Office of Management and Budget, "Guidelines and Discount Rates for Benefit-Costs Analysis of Federal Programsإرشادات ومعدلات الخصم لتحليل المنافع – التكاليف للبرامج الاتحادية" *OMB Circular No. A-94 (revised)*, February 21, 1997. The OMB home Page is http://www.whitehouse.gov/WH/EOP/omb.

[5] K. J. Arrow and R. C. Lind, "Uncertainty and the Evaluation of Public Investment Decisions,عدم التأكد وتقييم قرارات الاستثمارات العامة" *American Economic Review*, vol. 60, June 1970, pp. 364-378.

الاستثمار *Savings-Investment Ratio (SIR)* وذلك من قبل بعض الهيئات الحكومية.

طُوِّرت صيغ متعددة ومختلفة لنسبة B-C. وسنعرض صيغتين من الصيغ الأكثر استخداماً في هذه الفقرة، مع شرح استخدام كل من القيمة الحالية والقيمة السنوية.

طريقة نسبة B-C المألوفة مع PW:

$$\text{B-C} = \frac{\text{PW (منافع المشروع المقترح)}}{\text{PW (التكاليف الكلية للمشروع المقترح)}} = \frac{\text{PW}(B)}{I + \text{PW(O\&M)}} \qquad (1.11)$$

حيث (–) PW = القيمة الحالية لـ (–)؛

B = منافع المشروع المقترح؛

I = الاستثمار الأولي للمشروع المقترح؛

O&M = تكاليف التشغيل والصيانة للمشروع المقترح.

نسبة B-C المعدلة مع PW:

$$\text{B} - \text{C} = \frac{\text{PW}(B) - \text{PW(O \& M)}}{\text{I}} \qquad (2.11)$$

ويدل بسط نسبة المنفعة – التكلفة المعدلة على القيمة المكافئة للمنافع مطروحاً منها القيمة المكافئة لتكاليف التشغيل والصيانة، أما مقام النسبة فيتضمن تكاليف الاستثمار الأولية فقط. ويعد المشروع مقبولاً عندما تكون قيمة النسبة B-C المعرّفة في المعادلة (11-1) أو المعادلة (11-2) أكبر أو تساوي الواحد.

ويمكن إعادة كتابة المعادلتين (11-1) و(11-2) بدلالة القيمة السنوية كما يلي:

طريقة نسبة B-C المألوفة مع AW:

$$\text{B-C} = \frac{\text{AW (منافع المشروع المقترح)}}{\text{AW (التكاليف الكلية للمشروع المقترح)}} = \frac{\text{AW}(B)}{\text{CR} + \text{AW(O\&M)}} \qquad (3.11)$$

حيث (–)AW = القيمة السنوية لـ (–)؛

B = منافع المشروع المقترح؛

CR = المبلغ المخصص لتغطية رأس المال (التكلفة السنوية المكافئة للاستثمار الأولي I، مع الأخذ في الحسبان القيمة السوقية أو المتبقية إن وجدت)

O&M = تكاليف التشغيل والصيانة للمشروع المقترح.

نسبة B-C المعدلة مع AW:

$$\text{B} - \text{C} = \frac{\text{AW(B)} - \text{AW(O \& M)}}{\text{CR}} \qquad (4.11)$$

ويلاحظ أنه عند استخدام طريقة القيمة السنوية، يُطرح المكافئ السنوي لأية قيمة سوقية مرتبطة بالاستثمار من مقام النسبة وذلك عند حساب المبلغ السنوي لتغطية رأس المال (CR) وذلك في المعادلتين (11-3) و(11-4). وبالمثل، عند

استخدام طريقة القيمة الحالية لحساب نسبة المنفعة–التكلفة، تطرح عادة القيمة المكافئة المخصومة لأية قيمة سوقية من الاستثمار الأولي في مقام النسبة. ويمكن إعادة كتابة المعادلتين (11-1) و(11-2) كما يلي وذلك لإدخال القيمة السوقية للاستثمار:

طريقة نسبة B-C المألوفة مع PW، بإدخال القيمة السوقية:

$$\text{B-C} = \frac{\text{PW (منافع المشروع المقترح)}}{\text{PW (التكاليف الكلية للمشروع المقترح)}} = \frac{\text{PW}(B)}{I - \text{PW(MV)} + \text{PW(O\&M)}} \qquad (5.11)$$

حيث PW(–) = القيمة الحالية لـ (–)؛

B = منافع المشروع المقترح؛

I = الاستثمار الأولي للمشروع المقترح؛

V = القيمة السوقية للاستثمار؛

O&M = تكاليف التشغيل والصيانة للمشروع المقترح.

نسبة B-C المعدلة مع PW، بإدخال القيمة السوقية:

$$\text{B} - \text{C} = \frac{\text{PW(B)} - \text{PW(O\&M)}}{\text{I} - \text{PW(MV)}} \qquad (6.11)$$

يعطي ناتج نسب B-C للصيغ السابقة نتائج متطابقة فيما يتعلق بتحديد قبول المشروع (أي، B-C ≥ 1.0 أو B-C < 1.0). وتعطي نسبة B-C المألوفة نتائج متطابقة تماماً سواء استُخدمت PW أو AW، وبالمثل تعطي نسبة B-C المعدلة أيضاً نتائج عددية متطابقة سواء تم استُخدمت PW أو AW. ورغم اختلاف قيمة نسبة B-C بين طريقتي B-C المألوفة والمعدلة، إلا أنّ هذا الاختلاف لا يؤثر على قرارات الاستمرار/عدم الاستمرار في تنفيذ المشروع كما يبين المثال 11-2.

سنفترض في الأمثلة الواردة في بقية الفصل 11 استخدام معدل الفائدة الاسمي (السوقي) وذلك لخصم التدفقات النقدية بالأسعار الحقيقية. ويمكن للقارئ العودة إلى الفصل 8 للحصول على تعاريف هذه المصطلحات.

المثال 11-2

تدرس مدينة بوجتوسلي Bugtussle توسيع ممرات مطارها بحيث يمكن للطائرات التجارية استخدامه. ويمكن شراء الأرض اللازمة لهذه الممرات وهي عبارة عن أرض زراعية بمبلغ 350,000$، وتقدر تكاليف الإنشاء لتوسيع الممرات بمبلغ 600,000$؛ كما تقدر تكاليف الصيانة السنوية الإضافية الناجمة عن التوسيع بمبلغ 22,500$. كما أن إنشاء الممرات الإضافية يستلزم إنشاء مبنى صغير للركاب بتكلفة 250,000$. وتقدر التكاليف السنوية للتشغيل والصيانة لهذا المبنى بـ 75,000$. وأخيراً، تتطلب الزيادة المقدرة في الرحلات إنشاء محطتين للتحكم في المرور الجوي بتكاليف سنوية 100,000$. وقد قُدِّرت المنافع السنوية من توسيع الممرات كما يلي:

$325,000	الإيرادات المتحققة من استئجار شركات الطيران لمكاتب في المطار
$65,000	ضرائب المطار المحصَّلة من المسافرين
$50,000	منافع الراحة المتحققة لسكان بوجتوسلي
$50,000	عائدات سياحية إضافية لمدينة بوجتوسلي

طبّق طريقة نسبة B-C بمدة دراسة 20 سنة وبمعدل اسمي للفائدة 10% سنوياً وذلك لتقرير وجوب توسيع الممرات في مطار مدينة بوجتوسلي.

الحل

طريقة B-C المألوفة، المعادلة (1-11):	$B-C = PW(B)/[I + PW(O\&M)]$ $B-C = \$490{,}000(P/A,10\%,20)/[\$1{,}200{,}000 + \$197{,}500(P/A,10\%,20)]$ **$B-C = 1.448 > 1$ أي ينبغي توسيع الممرات.**
طريقة B-C المعدلة، المعادلة (2-11):	$B-C = [PW(B) - PW(O\&M)]/I$ $B-C = [\$490{,}000(P/A,10\%,20) - \$197{,}500(P/A,10\%,20)]/\$1{,}200{,}000$ **$B-C = 2.075 > 1$ أي ينبغي توسيع الممرات.**
طريقة B-C المألوفة، المعادلة (3-11):	$B-C = AW(B)/[CR + AW(O\&M)]$ $B-C = \$490{,}000/[\$1{,}200{,}000(A/P,10\%,20) + \$197{,}500]$ **$B-C = 1.448 > 1$ أي ينبغي توسيع الممرات.**
طريقة B-C المعدلة، المعادلة (4-11):	$B-C = [AW(B) - AW(O\&M)]/CR$ $B-C = [\$490{,}000 - \$197{,}500]/[\$1{,}200{,}000(A/P,10\%,20)]$ **$B-C = 2.075 > 1$ أي ينبغي توسيع الممرات.**

من المثال السابق يمكن ملاحظة أن الفرق بين نسب B-C المألوفة والمعدلة يرجع في المقام الأول إلى طرح القيمة المكافئة لتكاليف التشغيل والصيانة من كلٍّ من بسط النسبة ومقامها. وحتى تكون النسبة B-C أكبر من الواحد يجب أن يكون بسطها أكبر من مقامها. وبالمثل، يجب أن يقل بسط النسبة عن مقامها لتصبح النسبة B-C أقل من 1.0. إنّ طرح مقدار ثابت (القيمة المكافئة لتكاليف التشغيل والصيانة) من كلٍّ من بسط النسبة ومقامها لا يغير القيم *النسبية* للبسط والمقام. ومن ثم لا يتأثر قبول المشروع باختيار نسبة B-C المألوفة بدلاً من المعدلة. ويمكن صياغة هذه المعلومات رياضياً لحالة B-C > 1 كما يلي:

ليكن:

N = بسط نسبة B-C المألوفة؛

D = مقام نسبة B-C المألوفة؛

O&M = القيمة المكافئة لتكاليف التشغيل والصيانة.

إذا كان $B-C = \frac{N}{D} > 1.0$ فإنّ: $N > D$

إذا كان: $N > D$، وكان $[N - O\&M] > [D - O\&M]$، فإنّ: $\frac{N - O\&M}{D - O\&M} > 1.0.$

بملاحظة أنّ: $\frac{N - O\&M}{D - O\&M}$ هي نسبة B-C المعدلة، يمكن الاستنتاج بأنه إذا كانت نسبة B-C المألوفة أكبر من 1.0 فإنّ نسبة B-C المعدلة أكبر من 1.0.

يبقى موضوعان إضافيان هما كيفية معالجة *الأعباء* في تحليلات المنفعة – التكلفة والقرار المتعلق بمعاملة بنود معينة في التدفقات النقدية *كمنافع إضافية* أو *تخفيض في التكاليف*. يظهر الموضوع الأول عندما تُعرَّف الأعباء رسمياً في تقييم B-C لمشروع القطاع العام. وكمثال على الموضوع الثاني يمكن أخذ مشروع القطاع العام الذي يقترح بموجبه استبدال أصل حالي بتكاليف تشغيل وصيانة سنوية مرتفعة بأصل آخر بتكاليف سنوية أقل للتشغيل والصيانة O&M. وسنرى في الفقرات التالية 1.7.11 و2.7.11، أنّ التوصية النهائية المتعلقة بالمشروع لا تتغير سواء اعتُبِرت الأعباء أو تصنيف البند بأنه تخفيض في التكلفة أو منفعة إضافية.

1.7.11 الأعباء في نسبة B-C

عُرِّفت الأعباء في الفقرة السابقة بأنها النتائج السلبية بالنسبة للمواطنين والناجمة عن تنفيذ مشروع القطاع العام. وتتمثل الطريقة التقليدية في إدخال الأعباء في تحليل المنفعة – التكلفة في تخفيض المنافع بمقدار مساوٍ لهذه الأعباء (أي، طرح الأعباء من المنافع في النسبة B-C). كما يمكن بدلاً من ذلك معاملة الأعباء كتكاليف إضافية (أي، إضافة الأعباء للتكاليف في مقام النسبة). تبين المعادلتان (11-7) و(11-8) طريقتــي إدخال الأعباء في حساب نسبة B-C المألوفة وذلك بأخذ المنافع والتكاليف والأعباء بدلالة القيمة السنوية المكافئة AW. (ويمكن الحصول على نفس المعادلات لنسبة B-C المعدلة أو لحالة استخدام PW كمقياس للقيمة المكافئة). ومرة أخرى يختلف *مقدار* النسبة B-C باختلاف طريقة إدخال الأعباء، إلا أنّ قبول المشروع – أي كون النسبة B-C أكبر أو تساوي الواحد أو أصغر منه – لن تتأثر كما يبين المثال 11-3.

نسبة B-C المألوفة مع AW، *طرح الأعباء من المنافع*:

$$\frac{AW(B) - AW(D)}{CR + AW(O\ \&\ M)} = \frac{AW(\text{benefits}) - AW(\text{disbenefits})}{AW\ (\text{costs})} = \text{B-C} \qquad (7.11)$$

حيث:

AW(–) = القيمة السنوية المكافئة لـ (–)؛

B = منافع المشروع المقترح؛

D = أعباء المشروع المقترح؛

CR = المبلغ السنوي لتغطية رأس المال (أي، التكلفة السنوية المكافئة للاستثمار الأولي I مع الأخذ في الحسبان القيمة السوقية إن وجدت)؛

O&M = تكاليف التشغيل والصيانة للمشروع المقترح.

$$\frac{AW(B)}{CR + AW(O\&M) + AW(D)} = \frac{AW(\text{beneftis})}{AW(\text{cost}) + AW(\text{disbenefits})} = \text{B-C} \qquad (8.11)$$

المثال 11-3

بالعودة إلى المثال 11-2، وبافتراض أنّه إضافة إلى المنافع والتكاليف هناك أعباء مرتبطة بمشروع توســيع الممرات. ومن هذه الأعباء يتضح بوجه خاص زيادة مستوى الضجيج نتيجة مرور الطيران التجاري الذي سيؤدي إلى إزعاج أصحاب المنازل الذين يقطنون بجوار مسار وصول الطائرات إلى مطار بلدية بوجتوسلي. وتقدر الأعباء السنوية لسكان بوجتوسلي الناجمة عن "تلوث الضجيج" بـ $100,000. والمطلوب إعادة تطبيق نسبة B-C المألوفة بأخذ هذه الأعباء بالحسبان، وذلك باستخدام القيمة السنوية المكافئة وذلك لتحديد تأثير هذه الأعباء على التوصية الخاصة بقبول المشروع.

الحل

طرح الأعباء من المنافع، المعادلة 7.11	$B-C=[AW(B)-AW(D)]/[CR+AW(O\&M)]$ $B-C=[\$490,000-\$100,000]/[\$1,200,000(A/P,10\%,20)+\$197,500]$ **B − C = 1.152 > 1 أي ينبغي توسيع الممرات**
معاملة الأعباء كتكاليف إضافية، المعادلة 8.11	$B-C=AW(B)/[CR+AW(O\&M)+AW(D)]$ $B-C=\$490,000/[\$1,200,000(A/P,10\%,20)+\$197,500+\$100,000]$ **B − C = 1.118 > 1 أي ينبغي توسيع الممرات**

وكما هو الحال في نسبتـــي B-C المألوفة والمعدلة تؤثر طريقة التعامل مع الأعباء على مقدار النسبة B-C، ولكنها لا تؤثر على القرار بقبول المشروع أو قرارات الاستمرار / عدم الاستمرار في المشروع. ويترك للقارئ برهان ذلك رياضياً، بأسلوب مشابه للاستنتاج الوارد في مناقشة نسبتـــي B-C المألوفة والمعدلة.

2.7.11 المنافع المضافة مقابل التكاليف المخفضة في تحليلات B-C

يحتاج المحلل عادة إلى تصنيف بعض التدفقات النقدية باعتبارها منافع إضافية أو تكاليف مخفضة لدى حساب نسبة B-C. وهنا تبرز أسئلة من قبيل: "ما أهمية التحديد المناسب لتدفق نقدي معين بأنه منفعة إضافية أو تكلفة مخفضة؟" و "هل تتأثر نتيجة التحليل بتصنيف التكلفة المخفضة كمنفعة إضافية؟" *ولا يؤثر القرار الاختياري بتصنيفها كمنفعة إضافية أو كتكلفة مخفضة على قبول المشروع أو رفضه.* ويرد البرهان الرياضي على هذا الاستنتاج فيما يلي وفي المثال 11-4.

ليكن

B = القيمة السنوية المكافئة لمنافع المشروع؛

C = القيمة السنوية المكافئة لتكاليف المشروع؛

X = القيمة السنوية المكافئة للتدفق النقدي (الذي يشكل إما منفعة إضافية أو تكلفة مخفضة) وغير الوارد في B أو C.

إذا صنِّفت X منفعة إضافية يكون $B-C=\dfrac{B+X}{C}$

وبدلاً من ذلك، إذا صنِّفت X كتكلفة مخفضة، يكون $B-C=\dfrac{B}{C-X}$

وبافتراض أن المشروع مقبول، أي $B\text{-}C \geq 1.0$

ومنه فإنّ $\frac{B+X}{C} \geq 1.0$ والذي يدل على أن $B+X \geq C$ وأيضاً

$\frac{B}{C-X} \geq 1.0$ والذي يدل على أنّ $B \geq C-X$

وهو ما يمكن إعادة كتابته كما يلي: $B+X \geq C$

المثال 11-4

تم إعداد مشروع من قبل قسم النقل في تينيسي Tennessee لاستبدال جسر قديم على نهر كمبرلاند Cumberland على أحد طرق الولاية السريعة. ويعاني الجسر القائم حالياً الذي يتألف من حارتي مرور من ارتفاع تكاليف الصيانة، ومن الاختناق المروري عليه لأن طريق الولاية الواصل بين نهايتي الجسر يتألف من أربع حارات. يمكن إنشاء الجسر الجديد بتكلفة $300,000 وتقدر تكاليف الصيانة السنوية اللازمة له بـ $10,000. على حين تبلغ تكاليف الصيانة السنوية للجسر القائم حالياً $18,500. وقُدِّرت المنافع السنوية لمستخدمي الجسر الجديد المكون من أربع حارات والناجمة عن إزالة الاختناق المروري عليه بـ $25,000. والمطلوب إجراء تحليل المنفعة – التكلفة باستخدام معدل اسمي للفائدة 8% وفترة دراسة 25 سنة، وذلك لتحديد ما إذا كان ينبغي إنشاء الجسر الجديد.

الحل

بالتعامل مع التخفيض في تكاليف الصيانة *كتكاليف مخفضة*:

$$\mathrm{B-C} = \$25{,}000/[\$300{,}000(A/P,8\%,25) - (\$18{,}500 - \$10{,}000)]$$
$$\mathbf{B-C = 1.275 > 1}$$

إذاً ينبغي إنشاء جسر جديد.

بالتعامل مع التخفيض في تكاليف الصيانة السنوية *كمنافع إضافية*:

$$\mathrm{B-C} = [\$25{,}000 + \$18{,}500 - \$10{,}000]/[\$300{,}000(A/P,8\%,25)]$$
$$\mathbf{B-C = 1.192 > 1}$$

وينبغي إنشاء الجسر الجديد

لذا فإن القرار بتصنيف التدفق النقدي كمنفعة إضافية وكتكلفة مخفضة يؤثر في مقدار النسبة B-C المحسوبة، ولكنه لا يؤثر على قبول المشروع.

8.11 تقييم المشاريع المستقلة بنسب B-C

يقصد بالمشاريع المستقلة مجموعة المشاريع التي يكون اختيار أي مشروع منها مستقلاً عن الاختيارات لأي من المشاريع الأخرى في المجموعة أو لجميع مشاريع المجموعة. أي إنه يمكن عدم اختيار أي مشروع من هذه المشاريع، أو أي تركيب منها، أو اختيار جميع المشاريع في المجموعة المستقلة. (لاحظ أن هذا لا يسري في حالة *رأس المال المحدود*. هذا وسنناقش طرائق تقييم المشروعات المستقلة في حالة رأس المال المحدود في فقرة لاحقة في هذا الفصل). وبسبب إمكانية اختيار أي من المشروعات المستقلة أو اختيارها جميعاً من مجموعة مستقلة، فإنّه من غير الضروري إجراء مقارنة منهجية فيما بينها. ولا يهم معرفة أي من *المشاريع* أفضل من الآخر عندما تكون هذه المشاريع مستقلة؛ ومن ثم فإن المعيار الوحيد

لاختيار أي من هذه المشروعات هو تحقيقها لنسبة B-C أكبر أو تساوي الواحد.

وتعد دراسة مشروع التحكم بالفيضان وتوليد الطاقة على النهر الأبيض في ولايتـــي ميسوري وأركنساس Missouri and Arkansas مثالاً نموذجياً على الدراسة الاقتصادية لمشروع حكومي باستخدام طريقة نسبة B-C المألوفة، حيث أدت فيضانات عديدة إلى حدوث أضرار على طول أجزاء محددة من النهر، كما يبين (الجدول 2.11). كما أن الجريان الحر للمياه يزيد حالات الفيضان في نهر الميسيسبـــي Mississippi الأكثر انخفاضاً. وفي هذه الحالة، كان هناك خياران مستقلان هما بناء حوض تخزين للمياه و/أو تحسين المجرى لمعالجة المشكلة. ويبين (الجدول 3.11) منافع وتكاليف كل من بحيرة تيبل روك Table Rock وتحسين مجرى بُول شولز Bull Shoals. ولا يمكن الاستناد على حقيقة أن نسبة المنفعة – التكلفة لمشروع تحسين المجرى هي أعلى من الخيار الآخر وذلك لأن نسب B-C لكلا المشروعين أكبر من الواحد.

الجدول 2.11: الخسارة السنوية الناجمة عن الفيضان في ثلاثة مناطق من النهر الأبيض.

البند	القيمة السنوية للخسارة	الخسارة السنوية لكل هكتار من الأراضي المحسنة في منطقة الفيضان	الخسارة السنوية لكل هكتار لكامل مساحة منطقة الفيضان
المحاصيل	$1,951,714	$6.04	$1.55
المزارع (باستثناء المحاصيل)	215,561	0.67	0.17
السكك الحديدية والطرق	119,800	0.37	0.09
السدود المؤقتة[a]	87,234	0.27	0.07
خسائر أخرى	168,326	0.52	0.13
المجموع	**$2,542,635**	**$7.87**	**$2.01**

[a] النفقات من قبل الولايات المتحدة لإصلاح السدود المؤقتة وصيانة المياه المرتفعة.

ويمكن ملاحظة عدد من الحقائق المتعلقة بهذه الدراسة. *الأولى*، لم تُبذلْ أي محاولة لتوزيع تكلفة المشروعين على التحكم في الفيضان من جهة وإنتاج الطاقة من جهة أخرى. *الثانية*، يتصل القسم الأكبر من المنافع الناجمة عن التحكم في الفيضان بنهر الميسيسبـــي ولم ترد في (الجدول 2.11)؛ ولم ترد هذه التفاصيل في المتن الأساسي للتقرير وإنما وردت في ملحق التقرير. والنقص المحدود فقط في قيمة هذه المنافع سيؤثر كثيراً على نسبة B-C. *الثالثة*، دون جمع غرضي التحكم بالفيضان وتوليد الطاقة لن يكون أي من المشروعين اقتصادياً لأي من الغرضين. تشير هذه الحقائق إلى فوائد الأغراض المتعددة لجعل مشروعات التحكم في الفيضان مجدية اقتصادياً وإلى ضرورة الحساب والتقييم السليم للمنافع المتوقعة من مشروع القطاع العام.

9.11 مقارنة المشاريع الاستبعادية بنسب B-C

عرّفنا سابقاً مجموعة *المشاريع الاستبعادية* بأنها *مجموعة المشاريع التـــي يمكن اختيار مشروع واحد منها فقط*. وعند استخدام طريقة القيمة المكافئة للاختيار من مجموعة بدائل استبعادية يمكن اختيار البديل "الأفضل" وذلك باختيار البديل الذي يحقق أكبر قيمة لـــ PW (أو AW، أو FW). ولما كانت طريقة المنفعة – التكلفة تعطي نســـبة المنافع إلى التكاليف وليس مجرد القياس المباشر *للربح الكامن* في كل مشروع، فإنّ اختيار المشروع الذي يحقق أعلى قيمة لنسبة B-C لا يضمن اختيار المشروع الأفضل. وإضافة إلى حقيقة أنّ الاختيار على أساس *أعلى قيمة لنسبة المنفعة – التكلفة للبدائل الاستبعادية هو اختيار غير صحيح*، فإنّ أي محاولة للاختيار على هذا الأساس ستواجه مشكلة بأن الترتيب الناجم للمشروعات

الاستبعادية لدى استخدام نسبة B-C المألوفة لا ينسجم مع الترتيب الناجم لدى استخدام نسبة B-C المعدلة (أي إنّه يمكن أن تؤدي نسبة B-C المألوفة إلى ترتيب للمشروعات مغاير للترتيب الذي تؤدي إليه نسبة B-C المعدلة). ويوضح المثال 5-11 هذه الحالة. (كما أنّ طريقة تصنيف *الأعباء* أو التعامل مع بنود التدفق النقدي *كمنافع إضافية* أو *كتكاليف مخفضة* يمكن أن يغير أيضاً في تفضيل أحد المشاريع الاستبعادية على غيره). وكما هو الحال في أساليب معدل العائد الواردة في الفصل الخامس تُقيَّم البدائل الاستبعادية باستخدام نسبة B-C عبر إجراء تحليل التزايد للمنفعة – التكلفة.

الجدول 3.11: التكاليف التقديرية والحصص السنوية والمنافع السنوية لكل من مشروعي حوض تيبل روك و تحسين مجرى بُول شولز.

البند	حوض تيبل روك	تحسين مجرى بُول شولز
تكلفة السد وملحقاته مع البحيرة:		
السد متضمناً تنظيف البحيرة والمخيم وسكك وطرق الوصول واستكشاف ومعالجة أساس السد	$20,447,000	$25,240,000
محطة الطاقة ومعداتها	6,700,000	6,650,000
تجهيزات نقل الطاقة إلى مراكز التوزيع المتوفرة	3,400,000	4,387,000
الأرض	1,200,000	1,470,000
تغيير مسارات الطرق	2,700,000	140,000
نقل المقابر	40,000	18,000
الأضرار بالقرى	6,000	94,500
أضرار لمنشآت متنوعة	7,000	500
تكاليف الإنشاء الكلية (تقدير الإنفاق العام اللازم لتنفيذ المشروع)	$34,500,000	$38,000,000
الاستثمار الحكومي:		
تكاليف الإنشاء الكلية	$34,500,000	$38,000,000
الفائدة خلال الإنشاء	1,811,300	1,995,000
المجموع	$36,311,300	$39,995,000
القيمة الحالية لممتلكات الحكومة	1,200	300
الاستثمارات الحكومية الكلية	**$36,312,500**	**$39,995,300**
التكاليف السنوية الكلية	**$1,642,200**	**$1,815,100**
المنافع السنوية:		
منع الخسائر المباشرة الناجمة عن الفيضان في حوض النهر الأبيض:		
الظروف الحالية	60,100	266,900
التطوير المستقبلي	19,000	84,200
منع الخسائر غير المباشرة الناجمة عن الفيضان في حوض النهر الأبيض	19,800	87,800
تحسين قيم الممتلكات في وادي النهر الأبيض	7,700	34,000
منع الخسائر الناجمة عن فيضان نهر الميسيسبي	220,000	980,000
المنافع السنوية للفيضان	326,000	1,452,900
قيمة الطاقة	1,415,600	1,403,400
المنافع السنوية الكلية	**$1,742,200**	**$2,856,300**
نسبة B-C المألوفة = المنافع السنوية الكلية ÷ التكاليف السنوية	**1.06**	**1.57**

المثال 5-11

يبين الجدول الآتـي الاستثمارات المطلوبة وتكاليف التشغيل والصيانة السنوية والمنافع السنوية لمشروعين استبعاديين. حُسِبتْ نسب B-C المألوفة والمعدلة لكل من المشروعين. ويلاحظ أن نسبة B-C *المألوفة* للمشروع A هي النسبة العليا، على حين يحظى المشروع B بنسبة B-C *معدلة* عليا. بمعرفة هذه المعلومات أي المشروعين ينبغي اختياره؟

	المشروع A	المشروع B	
الاستثمار الأولي	$110,000	$135,000	**معدل الفائدة الاسمي = 10% سنوياً**
تكلفة التشغيل والصيانة السنوية	12,500	45,000	**مدة الدراسة = 10 سنوات**
المنفعة السنوية	37,500	80,000	
B-C *المألوفة*	**1.475**	1.315	
B-C *المعدلة*	1.935	**2.207**	

الحل

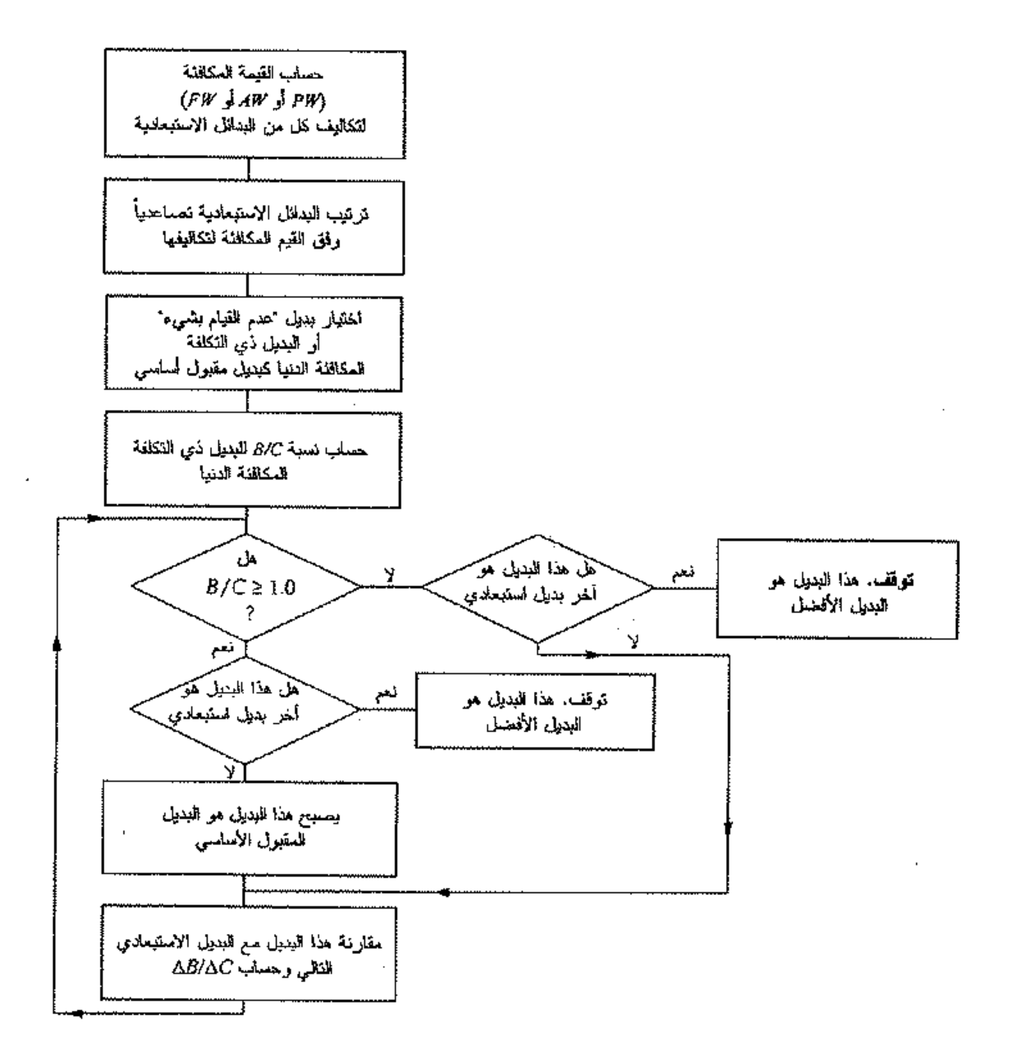
لم يُستخدم تحليل المنفعة – التكلفة بالطريقة المناسـبة. ورغم كون كل من نسبتـي B-C *صحيحة عدديًا*، فإنّ مقارنة البدائل الاستبعادية يتطلب إجراء تحليل التزايد.

عند مقارنة البدائل الاستبعادية بطريقة نسبة B-C، *تُرتَّب أولاً ترتيبها تصاعدياً وفق القيم المكافئة الإجمالية لتكاليفها*. ونتوصل إلى ترتيب متطابق سواء استند هذا الترتيب إلى PW أو AW أو FW للتكاليف. ونختار بديل "عدم القيام بشيء" باعتباره البديل المقبول الأساسي. وبعد ذلك نحسب نسبة B-C للبديل ذي القيمة المكافئة الدنيا. إذا كانت نسبة B-C لهذا البديل أكبر من الواحد أو مساوية له يصبح هذا البديل هو البديل المقبول الأساسي، وإلا فيبقى بديل "عدم القيام بشيء" هو البديل المقبول الأساسي. ثم ننتقل إلى البديل التالي من حيث التكلفة المكافئة، ونستخدم الفرق (Δ) في المنافع والتكاليف المتوقعة لهذا البديل عن تلك الناجمة في البديل المقبول الأساسي وذلك لحساب التزايد في نسبة B-C وهو ($\Delta B/\Delta C$). إذا كانت هذه النسبة مساوية للواحد أو أكبر منه يصبح هذا البديل الجديد ذو التكلفة المكافئة العليا البديلَ المقبول الأساسي، وإلا يبقى البديل الحالي هو البديل المقبول الأساسي. وبعد ذلك نحدِّد التزايد في نسب B-C لكل بديل لاحق حتـى الوصول إلى آخر بديل مقبول. ويبين (الشكل 3.11) المخطط التدفقي لهذا الأسلوب، كما يوضحه المثال 6-11 كذلك.

المثال 6-11

تُدرَس حالياً ثلاثة بدائل استبعادية لمشـروعات عامة. ويبين الجدول الآتـي منافع وتكاليف كلٍّ منها. لكل من هذه المشروعات عمر مجدٍ يساوي 50 سنة، ومعدل الفائدة الاسمي 10% سنوياً. أيّ من هذه المشروعات ينبغي اختياره؟

	A	*B*	*C*
الاستثمار الأولي	$8,500,000	$10,000,000	$12,000,000
تكاليف التشغيل والصيانة السنوية	750,000	725,000	700,000
القيمة السوقية	1,250,000	1,750,000	2,000,000
المنفعة السنوية	2,150,000	2,265,000	2,500,000



الشكل **3.11**: أسلوب تزايد نسبة المنفعة – التكلفة.

الحل

$$PW(\text{Costs}, A) = \$8{,}500{,}000 + \$750{,}000\ (P/A, \%10{,}50)$$
$$- \$1{,}250{,}000\ (P/F, \%10{,}50) = \$15{,}925{,}463$$
$$PW(\text{Costs}, B) = \$10{,}000{,}000 + \$725{,}000\ (P/A, \%10{,}50)$$
$$- \$1{,}750{,}000\ (P/F, \%10{,}50) = \$17{,}173{,}333$$
$$PW(\text{Costs}, C) = \$12{,}000{,}000 + \$700{,}000\ (P/A, \%10, 50)$$
$$- \$2{,}000{,}000\ (P/F, \%10{,}50) = \$18{,}923{,}333$$
$$PW(\text{Benefit}, A) = \$2{,}150{,}000\ (P/A, \%10{,}50) = \$21{,}316{,}851$$
$$PW(\text{Benefit}, B) = \$2{,}265{,}000\ (P/A, \%10{,}50) = \$22{,}457{,}055$$
$$PW(\text{Benefit}, C) = \$2{,}750{,}000\ (P/A, \%10{,}50) = \$24{,}787{,}036$$

B-C (*A*) = $21,316,851 / $15,925,463

= 1.3385 > 1.0 المشروع A مقبول

Δ*B* / Δ*C* (*B-A*) = ($22,457,055 - $21,316,851) / ($17,173,333 - $15,925,463)

= 0.9137 < 1.0 التزايد المطلوب للمشروع B غير مقبول

Δ*B* / Δ*C* (*C-A*) = ($24,787,036 - $21,316,851) / ($18,923,333 - $15,925,463)

= 1.1576 > 1.0 التزايد المطلوب للمشروع C مقبول

القرار: *اختيار المشروع C.*

لا يعد أمراً مستغرباً أن يكون لبعض المشروعات العامة الواردة ضمن مجموعة من البدائل الاستبعادية أعمار مختلفة. وبتذكر ما ورد في الفصل الخامس يمكن استخدام معيار AW للاختيار من بين البدائل ذات الأعمار المختلفة ما دامت فرضية إمكانية *تكرارها* صحيحة. وبالمثل، إذا تضمنت مجموعة البدائل الاستبعادية لمشروعات القطاع العام مشروعات بأعمار مجدية مختلفة، فمن الممكن عندها القيام بتحليل تزايد B-C باستخدام AW للمنافع والتكاليف للمشروعات المختلفة. ويبين المثال 11-7 هذا التحليل.

المثال 11-7

يبين الجدول الآتـــي منافع وتكاليف بديلين استبعاديين لمشروعين يتبعان للقطاع العام، العمر المتوقع للمشـــروع I هو 35سنة، وقُدِّر العمر المجدي للمشروع II بـ 25 سنة. إذا كان معدل الفائدة الاسمي 9% فأي المشروعين ينبغي اختياره؟ وذلك بإهمال أثر التضخم.

	المشروع I	المشروع II
الاستثمار الأولي	$750,000	$625,000
تكاليف التشغيل والصيانة السنوية	120,000	110,000
المنفعة السنوية	245,000	230,000
العمر المجدي للمشروع (سنوات)	35	25

الحل

AW(Costs, I) = $750,000 (*A*/*P*, %9, 35) + $120,000 = $190,977

AW(Costs, II) = $625,000 (*A*/*P*, %9, 25) + $110,000 = $173,629

B-C(II) = $230,000 / $173,629 = **1.3247 > 1.0 والمشروع II مقبول**

(ΔB / ΔC) (I-II) = ($245,000 - $230,000) / ($190,977 - $173,629)

= 0.8647 < 1.0 التزايد اللازم للمشروع I غير مقبول

القرار: اختيار المشروع II.

تعرضت الفقرة السابقة لحساب نسب B-C للمشروعات المستقلة، وذكر عندها أنّ ترتيب المشروعات المستقلة فيما بينها هو موضوع غير مهم. والسؤال هنا هو كيف يمكن الاختيار بين مجموعة من مشروعات القطاع العام المستقلة عندما يكون رأس المال محدوداً؟ مع تذكر أننا عرضنا في الفصل الخامس إمكانية التوصل إلى مجموعة من التركيبات الاستبعادية

للمشروعات المستقلة عند وجود قيود على الموازنة الإجمالية تحول دون اختيار جميع المشروعات المجدية اقتصادياً. ويمكن القيام بهذا التحليل أيضاً باستخدام نسبة B-C، ولكن وكما هو الحال في البدائل الاستبعادية ينبغي تطبيق الأسلوب بطريقة تزايدية، كما يبين المثال 11-8.

المثال11-8

تدرس هيئة حكومية أربع مشروعات مستقلة، يبلغ العمر المجدي لكل منها 30 سنة. ولا تسمح الموازنة الحالية لهذه الهيئة بإنفاق أكثر من $35,000,000 الواردة ضمن بنود الاستثمارات الأولية، ويبلغ المعدل الاسمي للفائدة 10% في السنة. باستخدام طريقة نسبة B-C أي المشروعات الآتية ينبغي اختياره؟

المشروع	الاستثمار الأولي	التكاليف السنوية	المنافع السنوية
A	$12,000,000	$1,250,000	$3,250,000
B	20,000,000	4,500,000	8,000,000
C	10,000,000	750,000	1,250,000
D	14,000,000	1,850,000	4,050,000

الحل

نحذف أولاً المشروع C من التحليل لأن نسبة B-C الخاصة به أقل من واحد. أما المشروعات الثلاثة المتبقية فيمكن أن تشكل $2^3 = 8$ تركيبات استبعادية. ويتضح أن أحد هذه التركيبات وهو اختيار المشروعات الثلاثة معاً لا يحقق شرط الموازنة. وبمقارنة التركيبات الاستبعادية بأسلوب تزايدي عبر البدء بالتركيب الذي يحقق أقل قيمة حالية PW للتكاليف، يتبين أنّه ينبغي اختيار التركيب المؤلف من المشروعين A وB.

المشروع	PW(Costs)	PW(Benefits)	نسبة B-C	هل البديل مقبول؟
A	$23,783,643	$30,637,472	1.2882	نعم
B	62,421,115	75,415,316	1.2082	نعم
C	17,070,186	11,783,643	0.6903	لا
D	31,439,792	38,179,004	1.2144	نعم

التركيب الاستبعادي	المشروعات	الاستثمار الكلي	القيمة الحالية PW للتكاليف	القيمة الحالية PW للمنافع	هل التركيب مجد؟
1	عدم القيام بشيء	0	0	0	نعم
2	A	$12,000,000	$23,783,643	$30,637,472	نعم
3	B	20,000,000	62,421,115	75,415,316	نعم
4	D	14,000,000	31,439,792	38,179,004	نعم
5	AB	32,000,000	86,204,758	106,052,788	نعم
6	AD	26,000,000	55,223,435	68,816,476	نعم
7	BD	34,000,000	93,860,907	113,594,319	نعم
8	ABD	46,000,000	117,644,550	144,231,791	لا

مقارنة تزايد التركيبات الاستبعادية	Δ PW(Costs)	Δ PW(Benefits)	نسبة Δ B-C	هل التزايد مقبول؟
2 ⇐ 1	$23,783,643	$30,637,472	1.2882	التركيب 2 مقبول
4 ⇐ 2	7,656,149	7,541,532	0.9850	التركيب 4 غير مقبول
6 ⇐ 2	31,439,792	38,179,004	1.2144	التركيب 6 مقبول
3 ⇐ 6	7,197,680	6,598,840	0.9168	التركيب 3 غير مقبول
5 ⇐ 6	30,981,323	37,236,312	1.2019	التركيب 5 مقبول
7 ⇐ 5	7,656,149	7,541,532	0.9850	التركيب 7 غير مقبول

وبتطبيق نسبة B-C بطريقة تزايدية على التركيبات الاستبعادية للمشاريع المستقلة، يتبين أن التركيب 5 يعطي التركيب الأفضل من المشروعات. ويلاحظ أنّه بالرغم من أن هذه الطريقة تعد مقبولة وتقود عند تطبيقها بأسلوب مناسب إلى اختيار المجموعة "الفضلى" من المشروعات، إلا أنه يمكن التوصل إلى النتيجة ذاتها بأسلوب مباشر بحساب القيمة الحالية PW (أو AW أو FW) واختيار التركيب الاستبعادي المجدي الذي يحقق أعلى قيمة لمعيار القيمة المكافئة دون الحاجة إلى إجراء تحليل التزايد.

10.11 الانتقادات الموجهة إلى طريقة نسبة المنفعة – التكلفة وأوجه القصور فيها[6]

على الرغم من رسوخ طريقة نسبة المنفعة–التكلفة على أنها الأسلوب المستخدم من قبل معظم الهيئات الحكومية لتقييم مشروعات القطاع العام، إلا أنها تعرضت لانتقاد واسع عبر السنين. ومن هذه الانتقادات (1) استخدام هذه الطريقة عادة كأداة للتبريرات اللاحقة لتنفيذ المشروع عند تنفيذه فعلاً أكثر من استخدامها في تقييم المشروع، (2) عدم الأخذ في الحسبان عدم المساواة في التوزيع لمنافع وتكاليف المشروع عند استخدام دراسات B-C (أي إنّه، قد تحصل إحدى المجموعات على المنافع على حين تتحمل مجموعة أخرى التكاليف)، و(3) إهمال المعلومات النوعية عادة في دراسات B-C.

بأخذ الانتقاد الأول، ينظر البعض إلى نسبة المنفعة – التكلفة بأنها طريقة لاستخدام الأرقام في تأييد وجهات نظر ومصالح المجموعة التـــي تدفع أتعاب التحليل. وقد أيدت لجنة فرعية لمجلس النواب الأمريكي (الكونغرس) هذه النظرة النقدية مع توصلها إلى الاستنتاج التالي:

> ... العامل الأكثر أهمية في تقييم دراسة المنفعة – التكلفة هو اسم راعي المشروع. وتُعدّ دراسات المنفعة – التكلفة عموماً بعد تحديد المواقع الأساسية في المشروع من قبل الأطراف المختلفة المعنية به. وتعبِّر الدراسات المتنافسة سلفاً عن وجهات نظر المواقع المتوقعة للأطراف في المشروع (صفحة 55 من كامبن Campen).

ويمكن أخذ التحليل المعد لصالح مكتب استصلاح الأراضي عام 1967 وذلك لتأييد المشروع المقترح لوسط ولاية

[6] J.T. Campen, *Benefit, Cost, and Beyond: The Political Economy of Benefit-Cost Analysis* :المنفعة، التكلفة، وما حولها: الاقتصاد – السياسي لتحليل المنفعة – التكلفة (Cambridge, MA: Ballinger, 1986).
جميع التعليقات في الفقرة 10.11 مأخوذة من هذا المصدر.

نبراسكا Nebraska كمثال على دراسة قاصرة باستخدام B-C. كان هدف هذا المشروع تحويل المياه من نهر بلاتيه Platte لري أراضٍ زراعية، وكانت نسبة B-C المحسوبة لهذا المشروع 1.24، وهذا يدل على أنه ينبغي تنفيذ المشروع. واستندت هذه النسبة المنحازة جزئياً على المغالطات التالية (صفحة 53):

1. استخدام معدل فائدة منخفض وغير حقيقي يبلغ 3.125% سنوياً فقط.
2. استخدم التحليل عمراً للمشروع يبلغ 100 سنة، وليس الفرضية الأكثر قبولاً وتأييداً بوجه عام لعمر التحليل البالغ 50 سنة فقط.
3. أورد التحليل الحياة البرية وصيد الأسماك كمنافع للمشروع، مع أنّ المشروع في الحقيقة سيساهم في تدمير الحياة البرية. وتدل البيانات التاريخية لجريان المياه خلال الفترة (1931-1960) أي لمدة 30 سنة على أنّ تحويل المياه المقترح من نهر بلاتيه سيؤدي إلى ترك مناطق كبيرة من النهر جافة لمدة تتجاوز نصف تلك المدة، وسيتسبب هذا في تدمير الأسماك وانتهاك عادات طيور الماء على مسافة 150 ميلاً من النهر. وهذا الانتهاك لعادات الحياة البرية سيؤثر سلباً على بعض الأنواع من الحيوانات المعرضة للخطر كالعقاب الأصلع، والكركي الضخم، وكركي الهضاب الرملية.
4. استندت منافع زيادة منتجات المزارعين على أسعار تتضمن دعماً حكومياً، وهذا يتطلب دعماً حكومياً إضافياً.

أشار كامبن إلى أن "النواة المشتركة لهذه الانتقادات لا تكمن في حقيقة استخدام تحليل المنفعة – التكلفة لتبرير حالات معينة، ولكن في عرضها كطريقة علمية ومحايدة للتحليل" (الصفحتان 52 و53). وحتـــى يكون التحليل محايداً ويمكن الوثوق به يجب أن يستند إلى التقييم الدقيق والموثوق لجميع المنافع والتكاليف المتعلقة به. وهكذا، يجب أن يتم التحليل من قبل مجموعة محايدة أو من قبل مجموعة تضم ممثلين عن جميع المجموعات المعنية بالموضوع. وعلى سبيل المثال، عندما أعيد تقييم مشروع وسط ولاية نبراسكا من قبل طرف ثالث محايد، تم التوصل إلى نسبة واقعية للمنفعة – التكلفة تبلغ 0.23 فقط. ولسوء الحظ، تُقيَّم في بعض الأحيان المشروعات العامة من قبل أطراف تتبنـــى آراءً قوية في جدوى هذه المشروعات.

يتمثل وجه القصور الآخر في طريقة نسبة B-C في أن المنافع والتكاليف تلغي كلاً منهما الأخرى دون إعارة الاهتمام إلى من يحصل على المنافع ومن يتحمل التكاليف، وهو الأمر الذي لا يتسبب في صعوبات كبيرة في حالة القطاع الخاص حيث يحصل مالكو المنشأة على المنافع ويقومون بدفع التكاليف. وباستعادة القول أنه في حالة المشروعات العامة يجب الأخذ في الحسبان "المنافع التـــي تحصل لأي كان" وهذا يمكن أن يتسبب بعدم المساواة من الناحية التوزيعية في دراسات المنفعة – التكلفة. ويستمد هذا القصور المتمثل في نقص المساواة التوزيعية أهمية خاصة لسببين هما (1) أن السياسة العامة على العموم "تعمل لتقليل عدم المساواة الاقتصادية عبر تحسين وضع المجموعات المحرومة" و(2) هناك اهتمام قليل بموضوع تساوي أو عدم تساوي الوضع الاقتصادي للناس الذين يعيشون الظروف الاقتصادية العامة نفسها (الصفحة 56 من كامبن).

ينظر إلى السياسة العامة عموماً على أنها إحدى طرائق تخفيف عدم المساواة التـــي تحدث للفقراء وسكان المناطق الفقيرة والأقليات العرقية. وبالطبع، هناك حالات عديدة لا يمكن معها الوصول إلى أحكام ذات طابع توزيعي، إلا أن الناحية التوزيعية تظهر بوضوح في حالات أخرى. ويمكن في هذا الصدد أن نتصور مشروعاً بآثار سلبية على مجموعة A، وهي مجموعة محرومة، ويحقق المشروع منافع لمجموعة أخرى B يمكن أن تتجاوز الأعباء التـــي يرتبها المشروع على

المجموعة A. وإذا حقق المشروع نسبة B-C أكبر من الواحد، فسيُقبَل بقطع النظر عن التبعات التـي تترتب على المجموعة A، وبخاصة إذا كانت المجموعة B تتضمن أعضاء مؤثرين من ناحية الثروة والسلطة.

كما أن النقص في اعتبار التبعات التوزيعية للمشروع يمكن أن يؤدي إلى عدم المساواة بين الأشخاص الذين يتمتعون بالظروف الاقتصادية نفسها. ويمكن على سبيل المثال أخذ حالة عدم المساواة الواردة في المثال التالي:

> بفرض وجود اقتراح برفع ضرائب الملكية بنسبة 50% على جميع الملكيات ذات الأرقام الفردية لعناوينها، وفي الوقت نفسه خفض ضرائب الملكية بنسبة 50% على جميع الملكيات ذات الأرقام الزوجية لعناوينها. بإجراء تحليل المنفعة – التكلفة المألوف على هذا الاقتراح ستتوصل إلى أن المنافع الصافية له تساوي الصفر تقريباً، كما أن تحليل الأثر التوزيعي بمقياس توزيع الدخل الإجمالي لهذا الاقتراح لن يكون مؤثراً تأثيراً كبيراً على المستوى العام لعدم المساواة. إلا أن هذا الاقتراح لا يمكن تأييده بوجه عام ولا يمكن اعتباره صحيحاً بسبب ما ينتجه من إعادة توزيع للدخل اختيارية وغير عادلة (الصفحة 56 من كامبن).

وكمثال أكثر واقعية على الآثار التوزيعية السلبية يمكن أخذ مشروع إنشاء مصنع للمواد الكيميائية في *البلدة A*. سيوفر هذا المصنع توظيف مئات العمال في منطقة تعانـــي من الكساد الاقتصادي، إلا أنه من وجهة بمجموعة أخرى من المواطنين سيؤدي إلى إنتاج منتجات خطيرة يمكن أن تتسبب في تلويث المياه الجوفية ومياه النهر المجاور الذي يوفر معظم مياه الشرب *للبلدة المجاورة B*. وهكذا، يمكن القول إن منافع هذا المشروع تتمثل في الوظائف الإضافية ودعم الاقتصاد المحلي *للبلدة A*، إلا أنّ *البلدة B* ستتحمل التكاليف الإضافية لمعالجة المياه وسيصبح سكانها أكثر عرضة للمخاطر الصحية على المدى البعيد، وسيؤثر ذلك في زيادة الفاتورة الصحية لهم. لسوء الحظ، يظهر تحليل نسبة B-C الأثر المالي الصافي للمشروع دون الاهتمام بمسألة عدم المساواة في التوزيع.

بالعودة إلى مثال التحليل المعد لمصلحة مكتب استصلاح الأراضي لمشروع وسط ولاية نبراسكا، حيث كان التركيز على مشكلة استخدام قيم مالية غير موثوقة لتغطية الجوانب غير المالية لدى مناقشة "منافع" الحياة البرية والأسماك. إلا أن نتائج تحليل المنفعة – التكلفة تصبح خاضعة للارتياب بدرجة كبيرة إذا تجّنبنا محاولة قياس هذه الجوانب في المشروع. وعندما يقتصر التحليل على المعلومات القابلة للقياس بسهولة تُهملُ أهمية العوامل الأخرى كلياً، وسيؤدي هذا إلى تفضيل المشروعات ذات المنافع المالية، ومن ثم رفض المشروعات ذات المنافع التـــي تتصف بصعوبة القياس كمياً، دون أن تعطى الاهتمام اللازم. ولسوء الحظ، يرغب صانعو القرار المشغولون رقماً واحداً يمكنهم الاستناد إليه في قبول المشروع أو رفضه. ودون الاهتمام بمدى العناية بأهمية مناقشة النواحي غير المالية في المشروع يتجه المديرون مباشرة إلى السطر الأخير من التقرير للحصول على رقم وحيد يستخدمونه في صنع قرارهم. وتوصلت لجنة الكونغرس 1980 إلى استنتاج مفاده "عند إجراء بعض الحسابات العددية – لا تصبح المسألة في مدى التفكر فيه أو حدوده – ويدخل الرقم إلى المجال العام على حين تتجه التقييمات النوعية إلى النسيان... الرقم هو المسألة" (الصفحة 68 من كامبن).

على الرغم من توجيه هذه الانتقادات إلى طريقة نسبة المنفعة – التكلفة نفسها، إلا أن مشكلات استخدام (وإساءة استخدام) أسلوب المنفعة – التكلفة تعود بدرجة كبيرة إلى الصعوبات الكامنة في تقييم المشروعات العامة (انظر الفقرة 5.11) وإلى الطريقة التـي يجري فيها تطبيق هذا الأسلوب. ويلاحظ أنه يمكن توجيه نفس الانتقادات إلى التحليل المعد إعداداً سيئاً والمستند إلى طريقة القيمة المكافئة أو معدل العائد.

11.11 تطبيقات الجداول الإلكترونية

لتوضيح استخدام الجداول الإلكترونية في تحليل المنفعة – التكلفة، سنأخذ مشروعات القطاع العام الثلاثة الواردة في المثال 11-6. ونُدخل منافع وتكاليف كلٌّ من هذه المشروعات في نموذج الجدول الإلكتروني المبين في (الشكل 4.11). تُحسب النسبة B-C لكل بديل باستخدام كل من الصيغة المألوفة والصيغة المعدلة للنسبة في الحساب. ولما كانت جميع المشاريع تتجاوز فيها النسبة B-C الواحد، فينبغي إنجاز تحليل التزايد لتحديد مشروع القطاع العام الأفضل.

	A	B	C	D
1	MARR	%10		
2	مدة الدراسة	50		
3				
4		المشروع A	المشروع B	المشروع C
5	التكاليف الأولية	$8,500,000	$10,000,000	$12,000,000
6	تكاليف التشغيل والصيانة السنوية	$750,000	$725,000	$700,000
7	القيمة السوقية	$1,250,000	$1,750,000	$2,000,000
8	المنفعة السنوية	$2,150,000	$2,265,000	$2,500,000
9				
10	المبلغ CR	$856,229	$1,007,088	$1,208,592
11				
12	نسبة B/C المألوفة	1.3385	1.3077	1.3099
13	نسبة B/C المعدلة	1.6351	1.5292	1.4893
14				
15	تحليل التزايد			
16		Δ (B-A)	Δ (C-A)	
17	تغير التكاليف الأولية	$1,500,000	$3,500,000	
18	تغير تكاليف التشغيل والصيانة السنوية	$25,000	$50,000	
19	تغير القيمة السوقية	$500,000	$750,000	
20	تغير المنفعة السنوية	$115,000	$350,000	
21				
22	تغير المبلغ CR	$150,859	$352,363	
23				
24	ΔB/ΔC (المألوفة)	0.9137	1.1576	
25	ΔB/ΔC (المعدلة)	0.9280	1.1352	
26	هل التزايد مبرر؟	لا	نعم	

الشكل 4.11: جدول إلكتروني لمقارنة بدائل استبعادية باستخدام نسبة B-C للتزايد.

ويبين القسم السفلي من (الشكل 4.11) تحليل التزايد. ننطلق في التحليل من المشروع المقبول الأساسي وهو A الذي ينطوي على أقل قيمة للتكلفة السنوية المكافئة وتتجاوز نسبة المنفعة – التكلفة له الواحد. وبعد ذلك نُجري المقارنة الأولى بين A وB. ونحصل على التزايد للمنافع والتكاليف بطرح التقديرات الخاصة بالمشروع A من التقديرات الخاصة بالمشروع B. ويتضح أن نسبة تزايد المنافع إلى تزايد التكاليف، $\Delta B / \Delta C$، أقل من الواحد، وهذا يدل على أن التزايد غير مقبول.

ثم نقارن المشروع C مع المشروع A بنفس الطريقة. وتدل نسبة التزايد $\Delta B / \Delta C$ التسـي تتجاوز الواحد على أن تزايد المنافع للمشروع C يتجاوز تزايد تكاليفه. ولما كان المشروع C هو البديل الأخير، فهو البديل الذي يوصى باختياره. لاحظ أن (1) يمكن الوصول إلى النتيجة نفسها بقطع النظر عن استخدام نسبة B-C المألوفة أو المعدلة، و(2) المشروع A والذي يحقق أعلى قيمة للنسبة B-C، ليس هو المشروع المقبول. ويبين الجدول التالي الصيغ المستخدمة لحساب القيم الواردة في الخلايا المظللة:

الخلية	المحتوى
B10	= - PMT($B$1,$B$2,B5 – B7 / (1 + $B$1) ^ $B$2)
B12	= B8 / (B10 + B6)
B13	= (B8 – B6) / B10
B17	= C5 – B5
C17	= D5 – B5
B22	= - PMT($B$1,$B$2,B17 – B19 / (1 + $B$1) ^ $B$2
B24	= B20 / (B22 – B18)
B25	= (B20 + B18) / B22
B26	= IF (B24 > = 1, "Yes", ("No")

12.11 الخلاصة

من المناقشة والأمثلة المعروضة للمشروعات العامة في هذا الفصل، يتضح أنه لا يمكن تطبيق معايير التقييم المطبقة في المشروعات الخاصة لتقييم المشروعات العامة وذلك بسبب اختلاف أساليب التمويل وغياب متطلبات الضرائب وتحقيق الأرباح إضافة إلى العوامل السياسية والاجتماعية. ولا ينبغي أيضاً استخدام المشروعات العامة كمعايير لمقارنة المشروعات الخاصة بها. وينبغي تبرير المشروعات العامة على أسس اقتصادية إذا أمكن ذلك، وذلك بتأكيد حصول الجمهور على العائد الأعظمي من أموال الضرائب المُنفَقة. وسواء عمل المهندس في هذه المشروعات مستشاراً، أو مساعداً في إجراء تحليل المنفعة – التكلفة، فإن المهندس أو المهندسة ملزم بموجب أخلاقيات المهنة ببذل كل ما في وسعه للتأكد أن هذه المشروعات والتحليلات المتعلقة بها تجري بأفضل أسلوب ممكن ضمن القيود القانونية التـــي تخولهم سلطاتهم.

تبقى طريقةُ نسبة B-C طريقةً شائعة الاستخدام لتقييم الأداء المالي للمشروعات العامة. وقد شرحنا كلاً كل من طريقتـــي نسبة B-C المألوفة والمعدلة إضافة إلى استخدامها لحالتـــي المشروعات *المستقلة* والمشروعات *الاستبعادية*. ويجدر التذكير بملاحظة التحذير الأخيرة وهي أن المشروع الأفضل من بين مجموعة مشروعات *استبعادية* ليس هو المشروع الذي يحقق أعلى قيمة للنسبة B-C. وقد عرضنا في هذا الفصل ضرورة استخدام طريقة تحليل التزايد لتقييم المنافع والتكاليف لضمان من صنع الاختيارات الصحيحة.

13.11 المراجع

Campen, J. T. *Benefit, Cost, and Beyond* (Cambridge, MA: Ballinger, 1986).

Dasgupta, Agit K., and D. W. Pearce. *Cost-Benefit Analysis: Theory & Practice* (New York: Harper & Row, 1972).

Mishan, E. J. *Cost-Benefit Analysis* (New York: Praeger, 1976).

Office of Management and Budget, "Guidelines and Discount Rates for Benefit-Cost Analysis of Federal Programs," OMB Circular A-94 (revised), February 21, 1997.

Prest, A. R., and R. Turvey, "Cost-Benefit Analysis: A Survey," *The Economic Journal*, vol. 75, no. 300, December 1965, pp. 683–735.

Sassone, Peter G., and William A. Schaffer. *Cost-Benefit Analysis: A Handbook* (New York: Academic Press, 1978).

Schwab, B., and P. Lusztig. "A Comparative Analysis of the Net Present Value and the Benefit-Cost Ratio as Measure of Economic Desirability of Investment," *Journal of Finance*, vol. 24, 1969, pp. 507–516.

14.11 مسائل

الرقم الوارد ضمن الأقواس () يشير إلى الفقرة التـي تعود المسألة لها.

1.11 تدرس هيئة حكومية شراء قطعة من الأرض قيمتها $500,000 وإنشاء مبنـى للمكاتب عليها. حُلِّلتْ ثلاثة اقتراحات مختلفة للتصميم (انظر الجدول P11.1).

الجدول **P11.1**: اقتراحات التصميم المختلفة للمسألة **1.11**.

	التصميم A طابقين	التصميم B 5 طوابق	التصميم C 10 طوابق
تكلفة البناء (دون تكلفة الأرض)	$800,000	$1,200,000	$3,000,000
القيمة المتبقية* من الأرض والمبنى في نهاية مدة التحليل البالغة 20 سنة	500,000	900,000	2,000,000
الدخل السنوي من إيجار المبنـى مطروحاً منه جميع نفقات التشغيل	120,000	300,000	450,000

*عوملت القيمة المتبقية كتخفيض في التكاليف وليس كمنفعة.

أي البدائل ينبغي اختياره باستخدام طريقة نسبة المنفعة – التكلفة المعدلة حيث يبلغ MARR معدل العائد المقبول الأدنـى 10%، إن وجد. (9.11)

2.11 يبين الجدول الآتـي التكاليف والمنافع السنوية المكافئة لخمسة بدائل استبعادية لتجهيز محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي:

البديل	المكافئ السنوي (بالآلاف)	
	التكلفة	المنفعة
A	$1,050	$1,110
B	900	810
C	1,230	1,390
D	1,350	1,500
E	990	1,140

أي من الخطط السابقة ينبغي اعتمادها، إذا كانت هيئة الصرف الصحي ترغب في الاستثمار فقط في البديل الذي تتجاوز نسبة المنفعة – التكلفة له الواحد؟ (9.11)

3.11 يطلب القيام بتحليل B-C المألوف للبدائل الاستبعادية الستة الواردة في (الجدول P11.3) وكذلك حساب قيم B-C المألوفة لكل بديل ومقارنة القيم الناتجة مع قيم B-C المعدلة. معدل العائد المقبول الأدنى يساوي 10% سنوياً. (9.11)

الجدول P11.3: البدائل الاستبعادية الستة للمسألة 3.11.

	المشروع البديل					
	A	B	C	D	E	F
الاستثمار	$1,000	$1,500	$2,500	$4,000	$5,000	$7,000
الاقتصاد السنوي في النفقات	150	375	500	925	1,125	1,425
القيمة المتبقية	1,000	1,500	2,500	4,000	5,000	7,000

4.11 تُدرس خمس آلات استبعادية لعمل محدد. ويتوقع أن يكون لكل منها قيمة متبقية تساوي 50% من المبلغ المستثمر فيها وذلك في نهاية مدة التحليل البالغة 4 سنوات. أي الآلات ينبغي اختيارها باستخدام البيانات الواردة في (الجدول P11.4). (9.11)

الجدول P11.4: بيانات المسألة 4.11.

	البدائل				
	A	B	C	D	E
الاستثمار	$2,100	$3,400	$1,000	$2,700	$1,400
التدفق النقدي السنوي الصافي في السنة حيث معدل العائد المقبول الأدنـــى يساوي 12%	280	445	110	340	180

5.11 تدرس هيئة حكومية غير هادفة للربح بديلين لتوليد الطاقة:

البديل A. بناء محطة توليد باستخدام الفحم بتكلفة $20,000,000. ويتوقع أن تبلغ مبيعات الطاقة السنوية $1,000,000. وتبلغ تكاليف التشغيل والصيانة السنوية $200,000. ويتوقع أن يحقق هذا البديل منافع إضافية عبر تشجيعه إقامة صناعات جديدة في المنطقة بما يكافئ $500,000 سنوياً.

البديل B. بناء محطة توليد كهرمائية Hydroelectric. وتبين المبالغ التالية $30,000,000، $800,000، $100,000 الاستثمار الرأسمالي، ومبيعات الطاقة السنوية، وتكاليف التشغيل السنوية، على الترتيب. وفيما يلي المنافع السنوية لهذا البديل:

الاقتصاد نتيجة التحكم بالفيضان	$600,000
الري	$200,000
الاستجمام	$100,000
القدرة على تشجيع صناعات جديدة	$400,000

ويبلغ العمر المجدي لكلا البديلين 50 سنة. باستخدام معدل فائدة 5%، أي البديلين (إن وجد) ينبغي اختياره وفق

طريقة نسبة المنفعة – التكلفة المألوفة. (7.11, 9.11)

6.11 لدى إحدى الهيئات الحكومية خمسة مشروعات مستقلة بحاجة للتمويل. ويبين الجدول التالي المنافع والتكاليف السنوية لكل من هذه المشروعات: (8.11)

المشروع	المنافع السنوية	التكاليف السنوية
A	$1,800,000	$2,000,000
B	5,600,000	4,200,000
C	8,400,000	6,800,000
D	2,600,000	2,800,000
E	6,600,000	5,400,000

أ. بافتراض أن المشروعات هي من النوع الذي يمكن معرفة منافعه بتيقن كبير وأن الهيئة الحكومية ترغب في استثمار أموالها في المشروعات التـــي تحقق نسبة B-C أكبر أو تساوي الواحد. ما هي البدائل التـــي ينبغي اختيارها للتمويل.

ب. ما هو ترتيب هذه المشروعات من الأفضل إلى الأسوأ؟

ج. إذا تضمنت هذه المشروعات منافع غير ملموسة (صعبة القياس) تتطلب أحكاماً لتقييمها، فهل يؤدي ذلك إلى تغيير التوصيات الخاصة بالتمويل بذلك؟

7.11 في تطوير منطقة تجارية مواجهة للمياه وملكيتها عامة، تُدرس ثلاث خطط مستقلة. وتقدر التكاليف والمنافع السنوية لكل منها كما يلي (8.11)

الخطة	PW ($000s)	
	التكاليف	المنافع
A	$123,000	$139,000
B	135,000	150,000
C	99,000	114,000

أ. ما هي الخطط التـــي ينبغي اعتمادها، إن وجدت، وذلك إذا رغب مجلس الرقابة في المدينة باستثمار أي مبلغ يلزم للتمويل شريطة تحقيقه نسبة B-C على الاستثمار المطلوب أكبر من الواحد أو تساويه.

ب. بافتراض إعادة تصنيف 10% من التكاليف في كل خطة بحيث تصبح "أعباء"، فما هي النسب المئوية للتغير في النسبة B-C لكل خطة والتـــي ستنتج عن إعادة التصنيف؟

ج. ناقش سبب عدم تأثر ترتيب الخيارات في (أ) بالتغير الناجم في (ب).

8.11 يبين الجدول التالي نوعين من المعدات، والمطلوب تحديد أي الخيارات أفضل إذا رغبت المؤسسة بالاستثمار ما دامت النسبة B-C أكبر أو تساوي الواحد. معدل العائد المقبول الأدنى للمؤسسة MARR يساوي 10% سنوياً. افتراض إمكانية التكرار، وأَظْهِر إظهار كامل الحسابات. (9.11)

	نوع المعدات	
	RS-422	RS-511
الاستثمار الرأسمالي	$500	$1,750
العمر المجدي (سنوات)	6	12
القيمة السوقية (المتبقية)	$125	$375
المنافع السنوية	$238	$388
تكاليف التشغيل والصيانة السنوية	$108	$113

9.11 بأخذ البدائل الاستبعادية في (الجدول P11.9) ما هي البدائل التـي ينبغي اختيارها وفق كلٍّ من المعايير التالية؟

أ. المنفعة العظمى

ب. التكلفة الدنيا

ج. القيمة العظمى للفرق بين المنافع والتكاليف

د. الاستثمار الأكبر الذي يحقق تزايداً للنسبة B-C أكبر من الواحد.

هـ. أعلى نسبة B-C

وما هو المشروع الذي ينبغي اختياره؟ (9.11)

الجدول **P11.9**: بيانات المسألة **9.11**.

البديل	التكلفة السنوية المكافئة للمشروع	الضرر السنوي المتوقع من الفيضان	المنافع السنوية
I. عدم التحكم بالفيضان	0	$100,000	0
II. بناء حواجز	$30,000	80,000	$112,000
III. بناء سد صغير	$100,000	5,00	110,000

10.11 [7]يتشكل نهر يمر عبر أراضٍ خاصة من أربعة فروع تجري عبر غابة قومية. وتحدث بعض الفيضانات كل عام، ويحدث فيضان كبير عادة كل بضعة سنوات. وإذا ما تم بناء سدود ترابية صغيرة على كل من الفروع الأربعة يمكن إلغاء فرص الفيضان الكبير. على حين يؤدي إنشاء سد واحد أو أكثر إلى تخفيف حجم الفيضان بدرجات متفاوتة.

وسيؤدي إنشاء السد إلى منافع كامنة أخرى تتمثل في تقليل أضرار الحريق وتأمين طرق للوصول ضمن الغابة وأيضاً قيمة المياه التـي يمكن استخدامها للحماية من الحريق وكذلك استخدام السد للاستجمام. ويتضمن الجدول التالي المنافع والتكاليف التقديرية لبناء سد واحد أو أكثر.

الجدول **P11.10**: التكاليف والمنافع للمسألة **10.11**.

الخيار		التكاليف		المنافع		
		الإنشاء	الصيانة السنوية	الفيضان السنوي	الحرائق السنوية	الاستجمام السنوي
A	1	3,120,000	52,000	520,000	52,000	78,000
B	1 و2	3,900,000	91,000	630,000	104,000	78,000
C	1 و2 و3	7,020,000	130,000	728,000	156,000	156,000
D	1 و2 و3 و4	9,100,000	156,000	780,000	182,000	182,000

[7] على غرار مسألة واردة في: James L. Riggs, *Engineering Economics* (New York: McGraw-Hill, 1977), pp. 432-434

والمعادلة المستخدمة لحساب النسبة B-C هي:

$$\text{النسبة B-C} = \frac{\text{التوفير السنوي الناجم عن منع الحرائق والتحكم بالفيضان + منافع الاستجمام}}{\text{تكاليف الإنشاء السنوية المكافئة + الصيانة}}$$

وينبغي مقارنة المنافع والتكاليف باستخدام طريقة القيمة السنوية المكافئة AW بمعدل فائدة 8%؛ وباستخدام عمر يحد 100 سنة. انظر (الجدول P11.10). (9.11, 7.11)

أ. ما هو الخيار الذي توصي به من الخيارات الأربعة؟ ولماذا؟

ب. إذا أعيد تصنيف منافع الحريق باعتبارها تكاليف مخفضة، فهل سيتأثر الاختيار الوارد في (أ)؟ أظهر الحسابات.

11.11 يعمل مكتب إدارة الغابات الذي ترعاه الولاية على تقييم مسارات بديلة لطريق جديد يصل منطقة غير موصولة حالياً. وتوفر الخطط الاستبعادية الثلاث للمسار والواردة في (الجدول P11.11) منافع مختلفة. ويفترض أن يكون للطرق عمر اقتصادي يبلغ 50 سنة، ويبلغ معدل الفائدة الاسمي 8% سنوياً. ما هو المسار الذي ينبغي اختياره بموجب طريقة نسبة B-C؟ (9.11, 7.11)

الجدول P11.11: الخطط الاستبعادية للمسألة 11.11.

المسار	تكاليف الإنشاء	تكاليف الصيانة السنوية	الاقتصاد السنوي في أضرار الحريق	منافع الاستجمام السنوية	المنافع السنوية الوصول إلى الأخشاب
A	185,000	2,000	5,000	3,000	500
B	220,000	3,000	7,000	6,500	1,500
C	290,000	4,000	12,000	6,000	2,800

12.11 تتعرض منطقة يخترقها نهر كولورادو Colorado لأضرار دورية من الفيضانات، التي تحدث وسطياً كل سنتين، وتؤدي إلى خسائر بقيمة $2,000,000. اقترحت تسوية مجرى النهر وزيادة عمقه بتكلفة تبلغ $2,500,000 ويؤدي ذلك إلى تقليل الأضرار بحيث لا تتجاوز $1,600,000 لكل فيضان وذلك لمدة 20 سنة قبل أن تظهر الحاجة من جديد لتعميق المجرى وتسويته. ويؤدي هذا الأسلوب إلى نفقات سنوية تساوي $80,000 لأعمال الصيانة. اقترح أحد أعضاء المجلس المحلي في المنطقة أن الحل الأفضل يمكن أن يتمثل في بناء سد للتحكم بالفيضان بتكلفة $8,500,000 بعمر أبدي وبتكاليف سنوية للصيانة لا تتجاوز $50,000. وقدر هذا العضو أن هذا المشروع سيقلل الخسائر الناجمة عن الفيضان بحيث لا تتجاوز $450,000. كما أن هذا الاقتراح سيوفر كمية كبيرة من مياه الري تؤدي إلى تحقيق دخل سنوي $175,000 وسيوفر مرافق للاستجمام تقدر بقيمة سنوية لا تقل عن $45,000 للسكان المجاورين. ويعتقد عضو آخر في المجلس المحلي بضرورة بناء السد إضافة إلى تسوية وتعميق مجرى النهر، ملاحظاً أن التكلفة الكلية البالغة $11,000,000 ستخفض من أضرار الفيضان بحيث لا تتجاوز الخسارة السنوية الناجمة عنه $350,000 ويوفر نفس منافع الري والاستجمام. إذا كانت تكلفة رأس المال للولاية 10%، المطلوب تحديد نسبة B-C وتزايد النسبة B-C. اقترح البديل الذي ينبغي اختياره. (9.11)

13.11 منذ عشر سنوات بُني رصيف جديد في ميناء سيكوما Secoma يتضمن كميات كبيرة من الأعمال الفولاذية، وذلك بتكلفة تبلغ $300,000، ويقدر عمر هذا الرصيف بـ 50 سنة. وقد ارتفعت تكاليف الصيانة السنوية

والمخصص معظمها للدهان ولإصلاح الأضرار البيئية ارتفاعاً غير متوقع لتبلغ وسطياً $27,000. اقترح مدير الميناء على لجنة الميناء استبدال هذا الرصيف في الحال بآخر من الخرسانة المسلحة بتكلفة إنشاء $600,000. وقد أكد للجنة أن عمر هذا الرصيف يصل إلى 50 سنة، وأن تكاليف الصيانة السنوية له لن تتجاوز $2,000. وقام بعرض المعلومات الخاصة باقتراحه في (الجدول P11.13) كتبرير للاستبدال، وتوصل إلى أنّ القيمة السوقية للرصيف الحالي تبلغ $40,000.

وأكد المدير أيضاً أنّه بسبب تحقيق الميناء لأرباح سنوية صافية تتجاوز $3,000,000، فإنه يمكن تمويل المشروع من إيراداته السنوية. وهكذا، فلن تكون هناك تكلفة للفائدة، إضافة إلى تحقيق اقتصاد سنوي يبلغ $19,000 نتيجة لهذا الاستبدال. (9.11)

أ. ناقش تحليل مدير الميناء.

ب. قم بإجراء تحليل خاص بك مع إنجاز التوصية الخاصة بعرض المدير.

الجدول P11.13: تكلفة استبدال الرصيف للمسألة 13.11.

التكلفة السنوية للرصيف الحالي		التكلفة السنوية للرصيف المقترح	
الاهتلاك ($300,000/50)	$6,000	الاهتلاك ($600,000/50)	$12,000
تكلفة الصيانة	27,000	تكلفة الصيانة	2,000
المجموع	$33,000	المجموع	$14,000

14.11 يُدرس جسر مأجور (بتعرفة مرور Toll) على نهر الميسيسيبي Mississippi كبديل للجسر I-40 الذي يربط تينيسي Tennessee بأركنساس Arkansas. ولما كان هذا الجسر في حال الموافقة على إنشائه سيصبح جزءاً من نظام الطرق السريعة بين الولايات المتحدة، فينبغي تطبيق طريقة نسبة B-C في التقييم. وتقدر تكاليف إنشاء هذا الجسر بـ $17,500,000، ويتوقع أن تبلغ تكاليف التشغيل والصيانة السنوية له $325,000. ويحتاج الجسر أيضاً إلى أعمال إعادة تغطية في كل سنة خامسة من عمره المستقبلي البالغ 30 سنة، تبلغ تكلفتها $1,250,000 لكل مرة (وليست هناك أية تكاليف للتغطية في نهاية السنة 30). وقد قُدِّرت الإيرادات السنوية للجسر من الأجور (التعرفة) $2,500,000 في السنة الأولى من تشغيله، مع زيادة سنوية متوقعة 2.25% نتيجة للزيادة المتوقعة في حجم المرور عبر الجسر. بافتراض أن القيمة السوقية (المتبقية) للجسر في نهاية السنة 30 تساوي الصفر وأن معدل العائد المقبول الأدنى MARR يبلغ 10% سنوياً، فهل ينبغي إنشاء هذا الجسر المأجور؟ (7.11)

15.11 بالعودة مجدداً إلى **المسألة 14.11** وافتراض أنّه يمكن إعادة تصميم الجسر بحيث يفترض أنّه سيستمر في الخدمة إلى الأبد، وأن معدل العائد المقبول الأدنى MARR يبلغ 10% سنوياً. وفيما يلي التكاليف والإيرادات (المنافع) المعدلة للتصميم الجديد: (9.11, 7.11)

الاستثمار الرأسمالي: $22,500,000

تكاليف التشغيل والصيانة السنوية: $250,000

تكلفة إعادة التغطية كل سبع سنوات: $1,000,000

تكلفة الإصلاح الإنشائي، كل 20 سنة: $1,750,000

العائدات (باعتبارها ثابتة ودون معدل للتزايد): $3,000,000

أ. ما هي القيمة الرأسمالية للجسر Capitalized Worth؟

ب. حدد قيمة النسبة B-C للجسر عبر الأفق الزمنـــي غير المنتهي.

ج. هل ينبغي اختيار التصميم الأساسي (*المسألة 14.11*) أم التصميم الحالي؟

16.11 في أعقاب إعصار ثيلما Hurricane Thelma، تدرس هيئة مهندسي الجيش الأمريكي U. S. Army Corps of Engineers طريقتين بديلتين لحماية المياه العذبة من تغلغل مياه البحر المالحة أثناء ارتفاع المد. يتضمن البديل الأول إنشاء حاجز بطول 5 أميال، وارتفاع 20 قدماً، وبتكلفة استثمارية تبلغ $25,000,000، إضافة إلى نفقات سنوية للحفاظ عليه تبلغ $725,000. وسيحقق الطريق الجديد في أعلى الحاجز نوعين من "المنافع" الرئيسية هما: (1) تحسين الوصول لأغراض الاستجمام وصيد السمك، و(2) تقليل المسافة بين المدن الواقعة على نهايتـــي الحاجز المقترح مسافة 11 ميلاً. وقد قُدِّرت المنافع السنوية لهذا الحاجز بمبلغ $1,500,000. أما البديل الثانـــي فيتضمن حفر قناة بتكلفة استثمارية $15,000,000. وتقدر تكاليف الصيانة السنوية لها بـ $375,000، وليست هناك أية "منافع" متوقعة من مشروع حفر القناة. باستخدام معدل عائد مقبول أدنـــى MARR يساوي 8%، وبفرض عمر المشروع يساوي 25 سنة لكل بديل، المطلوب تطبيق نسبة تزايد المنفعة – التكلفة ($\Delta B / \Delta C$) وذلك لتحديد أي البديلين ينبغي اختياره. (ملاحظة: بديل: "عدم القيام بشيء" هو بديل غير مقبول). (9.11)

17.11 يُدرس نفق عبر جبل كبديل لطريق يقع في الجنوب الغربـــي من ولاية كنتاكي Kentucky. الطريق القائم حالياً يتألف من حارتـــي مرور وميوله الطولية كبيرة، وهذا يتسبب بحوادث مرور بمعدل 2.05 حادثة وفاة و3.35 حادثة بأضرار كبيرة سنوياً. ويتوقع أن يتسبب النفق في تقليل الحوادث بحيث لا تتجاوز 0.15 وفاة و0.35 حادثة بأضرار كبيرة سنوياً. قُدِّرت تكاليف الاستثمار الأولية والتـــي تتضمن تكاليف استملاك الأراضي وحفر النفق والإضاءة وتحضير طبقات الطريق... إلخ بمبلغ $45,000,000. وتقل تكاليف الصيانة السنوية للطريق الجديد بدرجة كبيرة عن الطريق الحالي ويبلغ الاقتصاد السنوي في هذه التكاليف $85,000. يُستخدم مبلغ $1,000,000 كقيمة للحياة في الحادث المميت، و$750,000 كقيمة للتكاليف الصحية والإعاقة... إلخ للحادث الذي يتسبب بضرر كبير. (7.11)

أ. طبِّق طريقة نسبة المنفعة – التكلفة، وذلك لعمر متوقع للمشروع 50 سنة ومعدل للفائدة 8% سنوياً، وذلك لتقرير وجوب إنشاء هذا النفق.

ب. بفرض عدم تغير تكلفة الحادث الكبير، حدد القيمة الحدية للحياة التـــي يصبح مشروع النفق معها مبرراً (أي التـــي تحقق B-C = 1).

18.11 كُلِّفتَ بمهمة مقارنة النتائج الاقتصادية لثلاثة تصاميم بديلة لمشروع أعمال حكومية عامة. يبين (الجدول P11.18) القيم التقديرية للعوامل الاقتصادية المتعلقة بالتصاميم الثلاثة. يستخدم معدل عائد مقبول أدنـــى MARR بنسبة 9% ومدة التحليل تبلغ 15 سنة. (9.11)

أ. باستخدام طريقة نسبة المنفعة – التكلفة المألوفة، والقيمة السنوية AW كمقياس للقيمة المكافئة، ما هو التصميم الأفضل للمشروع؟

ب. باستخدام طريقة نسبة B-C المعدلة، والقيمة الحالية PW كمقياس للقيمة المكافئة، ما هو التصميم الأفضل للمشروع؟

الجدول **P11.18**: القيم التقديرية للمسألة **18.11**.

العامل	التصميم البديل		
	1	2	3
الاستثمار الرأسمالي	$1,240,000	$1,763,000	$1,475,000
القيمة السوقية (نهاية السنة 15)	90,000	150,000	120,000
تكاليف التشغيل والصيانة السنوية	215,000	204,000	201,000
المنافع السنوية لمجموعة المستفيدين A	315,000	367,000	355,000
المنافع السنوية لمجموعات المستفيدين الآخرين	147,800	155,000	130,500

19.11 يحد نهر فوكس Fox من الشرق طريق إلينويس 25 Illinois، ومن الغرب طريق إلينويس 31. وتصل المسافة بين معبرين متتاليين في إحدى المناطق على النهر إلى 16 ميلاً. اقتُرح معبر إضافي في هذه المنطقة، ودُرستْ ثلاثة تصميمات بديلة للجسر. يبلغ العمر المجدي لبديلين منها 25 سنة، على حين يبلغ للبديل الثالث 35 سنة. يحتاج الجسر إلى إعادة تغطية دورية، وينبغي استبدال طبقات الأساس للطريق على الجسر في نهاية العمر المجدي له، وذلك بتكلفة تقل كثيراً عن تكلفة الإنشاء الأولية. وتختلف المنافع السنوية لكل تصميم باختلاف إعاقة المرور العادي على طول المسارين للطريقين 25 و31. والمطلوب استخدام المعلومات الواردة في (الجدول P11.19)، وتطبيق طريقة نسبة المنفعة – التكلفة لتحديد تصميم الجسر الذي ينبغي اختياره. يفترض أن الجسر سيستمر في الخدمة إلى الأبد (عمر لانهائي)، ويُستخدم معدل اسمي للفائدة مقداره 10% سنوياً. (9.11)

الجدول **P11.19**: معلومات تصميم الجسر للمسألة **19.11**.

	تصميم الجسر		
	A	B	C
الاستثمار الرأسمالي	$17,000,000	$14,000,000	$12,500,000
تكلفة الصيانة السنوية*	12,000	17,500	20,000
إعادة التغطية (كل سنة خامسة)*	--	40,000	40,000
إعادة التغطية (كل سنة سابعة)*	40,000	--	--
تكلفة استبدال الجسر	3,000,000	3,500,000	3,750,000
المنفعة السنوية	2,150,000	1,900,000	1,750,000
العمر المجدي للجسر (بالسنوات)**	35	25	25

* لا تدخل هذه التكلفة في آخر سنة من سنوات العمر المجدي للجسر.

** تطبق على أساس الطريق فقط؛ ويفترض أن الأجزاء الإنشائية من الجسر لها عمر أبدي.

20.11 تخطط مقاطعة جاكسون Jackson للقيام بتحسينات طرقية على طول أحد طرقات المقاطعة. وتم التوصل إلى بديلين. يتطلب البديل A استثماراً أولياً $100,000 في نهاية السنة 0 وتكاليف صيانة سنوية (تتم في نهاية السنة) $15,200 في السنوات التالية. وسينتج عن هذا التحسين منافع للمواطنين تقيم بمبلغ $34,400 سنوياً (في نهاية السنة 1 والسنوات اللاحقة). أما البديل B فيحتاج إلى استثمار أولي $210,000 في نهاية السنة 0 وتكاليف صيانة سنوية (تتم في نهاية السنة) $10,600 لكل من السنوات التالية. وسينتج هذا البديل منافع للمواطنين تقيم بمبلغ

‎$36,500 سنوياً (في نهاية السنة 1 والسنوات اللاحقة). ومن الممكن أيضاً عدم القيام بشيء، وفي هذه الحالة لن تكون هناك أية تكاليف أو أية منافع للمواطنين. تستخدم المقاطعة نسبة سنوية 12% كمعدل مقبول أدنسى للعائد MARR لصنع قراراتها الاستثمارية، وترغب المقاطعة باتخاذ قرارها على أساس التكلفة. حلل هذه المسألة باستخدام طريقة نسبة المنفعة – التكلفة واشرح توصيتك للمقاطعة. وعليك توضيح النسب التـــي قمت باستخدامها لصنع هذه التوصية. (9.11)

دراسات الاقتصاد الهندسي للمرافق المملوكة للمستثمرين (الاستثمارية)

يهدف هذا الفصل إلى عرض طريقة للتقييم الاقتصادي تدعى طريقة العائد المطلوب Revenue Requirement method*، وهي مستخدمة على نطاقٍ واسع من قبل مؤسسات المرافق للاختيار من بين المشروعات الاستبعادية. وبسبب توقع أن تعمل المرافق على تقليل العائدات المطلوبة من زبائنها الذين يدفعون مقابل الخدمة، فإن المشروع الذي يجب التوصية به في هذه الحالة هو الذي يحقق أقل عائد ممكن مع تقديم المستوى المقبول من الخدمة.*

يناقش هذا الفصل التطبيقات التالية:

الخصائص العامة للمرافق المملوكة للمستثمرين

تطوير طريقة العائد المطلوب

فرضيات طريقة العائد المطلوب

التنظيم القانونـــي لأسعار خدمات المرافق

توضيح طريقة العائد المطلوب

الاستثمارات الحالية مقابل الاستثمارات المؤجلة

تحليل العائد المطلوب في ظروف التضخم

1.12 مدخل

تتيح المرافق المملوكة للمستثمرين الخدمات ذات الطابع المرفقي كالغاز، والطاقة الكهربائية، والمياه، والاتصالات الهاتفية، وحماية البيئة، وبعض أنواع خدمات النقل. وبسبب خضوع المرافق العامة عادة للاحتكار، فإن تمويلها وإدارتها يقع عادة ضمن مسؤولية الحكومة. إلا أنّ العقود الثلاثة الماضية شهدت حركة قوية للخصخصة تضمنت أعمال توليد الطاقة الكهربائية والنقل. فعلى سبيل المثال، تم بيع هيئة الكهرباء البريطانية British Electric Board في المملكة المتحدة إلى مستثمرين من القطاع الخاص. وعملت الحكومة في الولايات المتحدة الأمريكية على تشجيع ومساعدة مستثمري القطاع الخاص على الدخول إلى قطاع المرافق العامة عبر قانون المنتجين الخاصين Private Producers Act.

ولما كانت المدن والولايات والحكومات المركزية تعمل لتحقيق المصلحة العامة، فقد قامت تاريخياً بمنح وضع احتكاري لمؤسسات المرافق العامة، وسمحت لها بتنظيم أسعار الخدمات المرفقية والتحكم فيها. وهكذا بُنيتْ مؤسسات معنية بالتنظيم في شكل *هيئات مرافق عامة public utilities commission*، تتولى التنظيم المطلوب لهذه المرافق والقيام بوظائف الرقابة عليها. ومع أن هيئات المرافق العامة أُنْشِئتْ أساساً لمنع التمييز بين الزبائن فيما يتعلق بالخدمات المقدمة وبالأسعار،

إلا أن وظائفها توسعت فيما بعد. فهي تقوم بتحديد الأسعار، ومن ثم منْع تحقيق أرباح كبيرة، كما تقوم بوضع المعايير الخاصة بالخدمة والحفاظ عليها. وعلى سبيل المثال، ازدادت أهمية الطاقة في السبعينيات ازدياداً كبيراً وصدر الجزء الأكبر من التشـــريع الخاص بموضوع الاســـتخدام الكفء للطاقة في قانون سياســـات تنظيم المرافق العامة لعام Public Utilities Regulatory Policies Act (PURPA) 1979. ويلزم هذا القانون المرافق العامة بشراء الطاقة من المصادر الصناعية المتوفرة والدفع لها وفق أسعار الكيلو واط الساعة kiloWatt-hour كما لو أنها تقوم بتوليدها بنفسها.

ويتمثل الاتجاه الحالي في الولايات المتحدة في تحرير مؤسسات الطاقة الكهربائية من التنظيم، فمثلاً، يمكن لمؤسسة كهرباء في نيويورك New York بيع خدماتها (الكهرباء) وامتلاك محطات كهربائية في أوكلاهوما وكاليفورنيا Oklahoma and California. وتواجه هيئة تنظيم الطاقة الاتحادية Federal Energy Regulatory Commission أمراً مهماً يتمثل في كيفية الحفاظ على موثوقية عالية للخدمة المقدمة من قبل مؤسسات الطاقة الكهربائية غير الخاضعة للتنظيم[1].

سنناقش فيما تبقى من هذا الفصل طريقة العائد المطلوب لتقييم رأس المال المستثمر. وقد طُبِّقتْ هذه الطريقة تقليدياً من قبل مؤسسات المرافق لتخفيض تكاليف دورة الحياة Life cycle costs لدى توفير هذه الخدمات. وحتـــى في حال التسارع في تحرير مؤسسات المرافق في السنوات القادمة، فمن المرجح أن طريقة العائد المطلوب المقبولة تقليدياً ستحتفظ بالانتشار الواسع لاستخدامها في قياس الربحية الاقتصادية للاستثمارات الرأسمالية المقترحة. وفي الحقيقة، تكافئ النتائج التـــي تعطيها طريقة العائد المطلوب تلك الناجمة عن تحليل القيمة الحالية للتدفقات النقدية للمشروعات بعد الضريبة[2]. (انظر الفصل 6).

2.12 الخصائص العامة للمرافق المملوكة للمستثمرين

تخضع المرافق المملوكة للمستثمرين إلى عدد من الخصائص الاقتصادية المميزة التـــي يجب أخذها في الحسبان عند القيام بدراسات الاقتصاد الهندسي لها وذلك بسبب طبيعة الخدمات التـــي تقدمها، وتمتعها بالوضع الاحتكاري، وخضوعها للتنظيم. وتناقش الفقرات التالية بعض هذه الخصائص:

1. ارتفاع نسبة رأس المال المستثمر لكل عامل وكذلك نسبة التكاليف الثابتة إلى التكاليف المتغيرة. وهذا يعنـــي أنه ينبغي إعارة الانتباه لمسائل الاستثمار لضمان التدفق المناسب لرأس المال المخصص لأغراض التوسع.
2. على المرافق أن تقدم الخدمات التـــي يطلبها المستهلكون مهما كان حجم هذه الخدمات وفق جدول الأسعار المحدد للخدمة. كذلك يجب على المرفق أن يتوسّع ليسدّ الاحتياجات الناجمة عن نمو المجتمع.
3. على المرافق أن تواكب التطورات التقنية في مجالات عملها والتـــي تسمح بخفض تكلفة الخدمة وتحسين موثوقيتها. وعلى المرفق القيام بذلك حتـــى في حال عدم وجود الحاجة الفورية لها من قبل الزبائن، وذلك للحفاظ على الحالة الجيدة للجمهور ولحماية الوضع الاحتكاري للمرفق.
4. تستند أسعار (معدلات) خدمات المرفق إلى التكاليف الكلية، مع تحقيق عائد مناسب بعد طرح ضرائب الدخل، وفق قيمة أساس السعر للملكية. وتستخدم ما يدعى أساس السعر (المعدل) ويساوي القيمة الدفترية لآلات ومعدات المرفق الموجودة في الخدمة.

---

[1] "De-regulation Puts Electricity Reliability in Question" *USA Today*, July 10, 1998, p. B-1.
[2] T. L. Ward and W. G. Sullivan, "Equivalence of the Present Worth and Revenue Requirement Method of Capital Investment Analysis," *AIIE Transactions*, vol. 13, no. 1, pp. 29-40.

5. المفهوم الأساسي في وضع أسعار خدمات المرفق هو أنه على المؤسسات أن تكون قادرة على تحقيق أرباح كافية لدفع توزيعات dividends كافية لتشجيع الحصول على رأس المال اللازم لتقديم الخدمة. وفي حال عدم تحقيق نسبة مناسبة من الربح لا يمكن جذب رأس المال من المستثمرين، وبالنتيجة سيُحرم الجمهور من الحصول على خدمة المرفق المرغوبة.

6. تُحدَّد إيرادات المرفق عبر أساس السعر Rate base. ويُعدّ الربح على المبيعات عاملاً قليل الأهمية. فإذا زاد الدخل من المبيعات نتيجة لخفض تكاليف التشغيل عبر نظم أكثر فعالية لتوفير الطاقة مثلاً، فإن ذلك قد لا يؤدي إلى زيادة في الأرباح على المدى البعيد. وقد تتحقق الأرباح في السنة الحالية، ولكن إذا أدت الزيادة إلى عائد ترى الهيئة المعنية بتنظيم المرفق أنه أكبر من المطلوب، فإنها تعطي توجيهاتها بخفض السعر. وهكذا، تُلغى أية منافع تأتـي على شكل مكاسب مالية وتنتج عن تحسين التشغيل في المرفق.

7. تتمتع المرافق عادة باستقرار في الدخل أكبر من المؤسسات الأخرى. ولا يسمح عادة أن يتجاوز الحد الأعلى للإيرادات، بعد طرح ضرائب الدخل النسبة من 12% وحتـى 16% على رأس المال المستثمر. وينبغي ملاحظة أنه رغم وجود حد أعلى للإيرادات، فليس هناك ضمان لتحقيق أية أرباح، كما أنه ليس هناك أي ضمان من الخسارة. ولكن إذا استطاع المرفق إظهار أنه يعمل بكفاءة، يمكنه عادة الحصول على إذن بزيادة الأسعار عند الحاجة إلى تحقيق ربح عادل، ومن ثم يمكنه جذب رأس المال المطلوب.

8. بسبب الطبيعة المستقرة لأعمال وإيرادات المرافق، فإنها عادة ما تمول نفقاتها الرأسمالية بنسبة من رأس المال المقترض Borrowed أعلى من النسبة في المؤسسات غير المرفقية. ونادراً ما تتجاوز نسبة رأس المال المقترض في المؤسسات غير المرفقية النسبة 30%، في حين تشكل نسبة رأس المال المقترض من 50% إلى 60% من إجمالي رأس المال في حالة المؤسسات المرفقية.

9. تتضمن أصول المرافق وسطياً مدد تسجيل (أعمار اهتلاك) أطول من أصول المؤسسات غير المرفقية. وسبب ذلك هو الطبيعة الفيزيائية للأصول وحقيقة الوضع الاحتكاري الذي يؤدي إلى تعرضها لاهتلاك وظيفي أقل.

10. تعد فرصة المرافق محدودة بدرجة أقل من المؤسسات غير المرفقية فيما يتعلق بتوفر رأس المال، وذلك بسبب الاستقرار الأكبر لعائداتها وإيراداتها وأيضاً لحقيقة إدراك الهيئات المعنية بالتنظيم بأنه يجب السماح للمرافق بتحقيق عائد يضمن التدفق المناسب لرأس المال.

3.12 المفاهيم العامة لدراسات اقتصاد المرفق

هناك مفاهيم عديدة تتضمنها دراسات الاقتصاد الهندسي عادة لمؤسسات المرافق الخاضعة للتنظيم. وهذه المفاهيم هي:

1. تعبِّر الدراسات الاقتصادية للمرافق الخاضعة للتنظيم عادة عن مصالح الزبائن، على حين تعبِّر المؤسسات غير المرفقية عن وجهة نظر المالك.

2. تحتوي دراسات اقتصاد المرفق المملوك للمستثمر عادة على طرائق بديلة أو برامج بديلة *للقيام* بشيء ما. وبسبب التزام المرفق بتوفير الخدمة المطلوبة من الزبائن، فإن الدراسات نادراً ما تنجز على أساس القيام بالعمل مقابل عدم القيام بشيء. وبدلاً من ذلك، غالباً ما تهتم المسألة بكيفية القيام بالعمل ليكون اقتصاده أعظمياً.

3. لا تدخل مصاريف الإشراف الإدارية والعامة غالباً في الحساب. وذلك لأن هذه المصاريف تكون نفسها لكل بديل

تقريباً، وعادة ما تُحذَف.

4. يُعبِّر عن تكلفة الأموال، والاهتلاك، وضرائب الدخل، وضرائب الملكية عادة بدلالة رأس المال المستثمر.

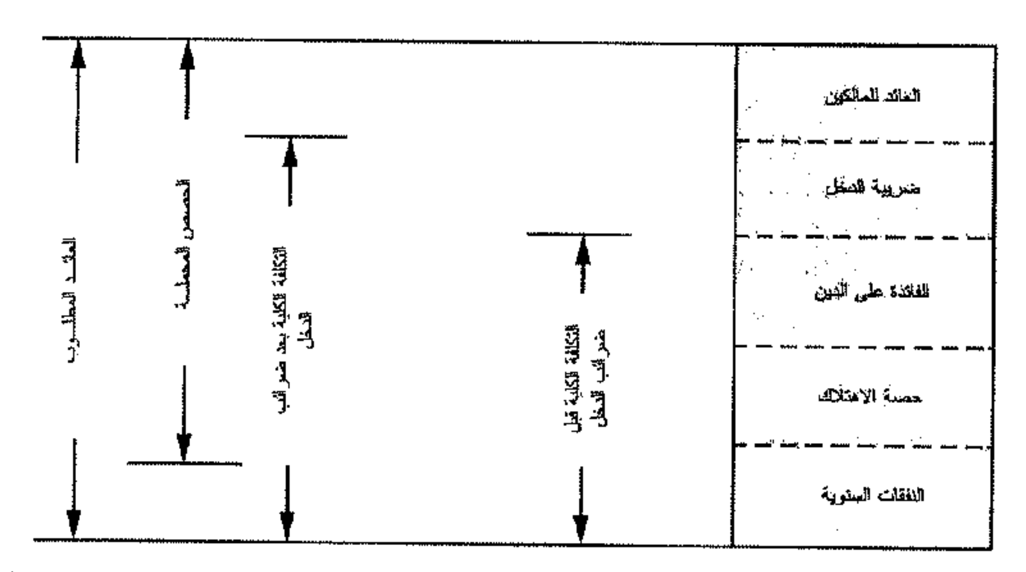
4.12 طرائق الاقتصاد الهندسي لمشروعات المرافق العامة المملوكة للمستثمرين

إنّ *طريقة العائد المطلوب* هي طريقة التقييم الاقتصادي التـي هي أكثر انتشاراً في الاستخدام من قبل المرافق الخاضعة للتنظيم والمملوكة للقطاع الخاص. وتوفر هذه الطريقة أساساً لمقارنة البدائل الاستبعادية. ويمكن تطبيق هذه الطريقة على طيف واسع من الأعمال الخاضعة للتنظيم والتـي تتصف بالخصائص الواردة في الفقرات السابقة.

وفق طريقة العائد المطلوب تُحسَب العائدات التـي يجب أن يحققها مشروع معين لتغطية التكاليف المرتبطة به، ومن ذلك تحقيق عائد عادل للمستثمرين.

ويبين (الشكل 1.12) العلاقة بين متطلبات عائد المشروع وتكاليفه. وبسبب عمل الهيئة المعنية بالتنظيم لمصلحة زبائن خدمة المرفق، فيجب أن يُختار المشروع الاستثماري بطريقة تؤدي إلى تقليل العائد المطلوب إلى أقل قدر ممكن.

تتضمن الفقرات التالية تطوير وتوضيح طريقة العائد المطلوب. وسنورد الأمثلة التـي تشرح الجوانب المختلفة لهذه الطريقة عند تطبيقها على المرافق الخاضعة للتنظيم والمملوكة من قبل القطاع الخاص.



الشكل 1.12: العلاقة بين العائد المطلوب وتكاليف المرفق المملوك للمستثمرين.

5.12 تطوير طريقة العائد المطلوب[3]

كما يبين (الشكل 1.12)، تتألف طريقة العائد المطلوب الأدنـى من حساب الحصص التـي تُحمَّل على الاستثمارات الرأسمالية والتـي ينبغي تغطيتها، إضافة إلى النفقات الدورية (مثل، نفقات التشغيل والصيانة)، وضرائب

[3] تختلف الرموز الواردة في الفصل 12 عن تلك المستخدمة في بقية الكتاب بسبب تطلب هذا الفصل لتكاليف الدين وتكاليف حقوق الملكية وتكاليف رأس المال الكلي. وقد استُخدم العديد من المفاهيم كما هي في الفصول الأخرى، إلا أن تلك الفصول لم تبين كيفية تطويرها واستخدامها بنفس الدقة الواردة في الفصل 12.

الملكية، والتأمين). وتدعى الحصص المحملة أيضاً *بالحصص الثابتة الإجمالية* ***total fixed charges***. وتتضمن:

- الفوائد على السندات المستخدمة لتمويل جزء من المشروع
- العائد على حقوق الملكية للمساهمين
- ضرائب الدخل الواجب دفعها للحكومة
- حصص الاهتلاك على الاستثمار

يُستخدم مفهوم معدل الحصة – الثابتة استخداماً واسعاً في صناعة المرافق. ويعرف معدل الحصة الثابتة بأنه تكلفة الامتلاك السنوية للاستثمار (الحصص المحملة) معبراً عنها كنسبة مئوية من الاستثمار.

وتستخدم المعادلة التالية لإيجاد الحصص المحملة السنوية في السنة k، والتـي يرمز لها هنا CC_k:

$$CC_k = D_{B_k} + [(1-\lambda)e_a + \lambda i_b] \times UI_k + T_k \tag{1.12}$$

حيث: D_{B_k} = الاهتلاك الدفتري في السنة k، وحيث $1 \le k \le N$؛

λ = نسبة المال المقترض من رأس المال الإجمالي للمرفق؛

e_a = العائد على رأس مال المساهمين (حقوق الملكية) (ككسر عشري)؛

i_b = تكلفة رأس المال المقترض (ككسر عشري)؛

UI_k = الاستثمار غير المغطى في بداية السنة k؛

$$UI_k = \begin{cases} I \text{ (الاستثمار الأولي)}, & k = 1 \\ Ui_{k-1} - D_{B_{k-1}}, & 2 \le k \le N \end{cases}$$

T_k = ضرائب الدخل التـي يتم دفعها في السنة k.

وبسبب استخدام الاهتلاك لأغراض ضريبة الدخل وكون الفائدة على الدين معفاة من الضريبة، يمكن حساب ضريبة الدخل في أي سنة بالمعادلة التالية:

$$T_k = t\,(CC_k - \lambda \cdot i_b \cdot UI_k - D_{T_k}) \tag{2.12}$$

حيث D_{T_k} تمثل الاهتلاك لأغراض ضريبة الدخل في السنة k وt معدل ضريبة الدخل الفعلية effective.

ويلاحظ أن الحصص المحملة (CC_k) هي تابع لضرائب الدخل في المعادلة (1.12) وضرائب الدخل (T_k) تابعة للحصص المحملة في المعادلة (2.12). ويمكن رؤية ذلك بوضوح في (الشكل 1.12). ويمكن تحديد العائد المطلوب إذا عُلِمتْ ضرائب الدخل، وبالعكس، يمكن حساب ضرائب الدخل إذا عُلِمَ العائد المطلوب. فهناك معادلتان بمجهولين (هما CC_k وT_k). وبحل هاتين المعادلتين لأجل T_k نجد:

$$T_k = [t/(1-t)]\,[(1-\lambda)\,e_a \cdot UI_k + D_{B_k} - D_{T_k}] \tag{3.12}$$

والعائد المطلوب في السنة k، أي RR_k هو

$$RR_k = CC_k + C_k \tag{4.12}$$

حيث C_k تمثل جميع النفقات السنوية في السنة k.

6.12 افتراضات طريقة العائد المطلوب

تُستخدم الافتراضات التالية عادة عند استخدام طريقة العائد المطلوب:

1. الاستثمار الكلي في الأصل في أية سنة يساوي القيمة الدفترية له في بداية السنة.
2. حجم رأس المال المقترض المستثمر في الأصل في أية سنة يمثل نسبة ثابتة من قيمته الدفترية في تلك السنة، وهذه النسبة تبقى ثابتة خلال عمر الأصل.
3. تتضمن حصص الملكية والدين من رأس المال معدلاً ثابتاً للعائد عبر عمر المشروع.
4. تُستخدم حصص الاهتلاك الدفترية بحيث تُسحب الأسهم والسندات سنوياً بما يتناسب مع مزيج الدين – حقوق الملكية المستخدم للتمويل.
5. ضريبة الدخل الفعلية ثابتة طوال عمر المشروع.

7.12 تنظيم سعر المرفق

تحدد أسعار خدمات المرافق خلال اجتماع خاص بتحديد السعر الخاضع للتنظيم. وعند تغير تكاليف المرفق أو الدخل نتيجة للتغير في آلات الشركة، يُعقد اجتماع لمناقشة الأسعار الخاضعة للتنظيم لدراسة وضع معدل جديد للسعر. يُحدَّد أولاً المعدل المقبول للعائد على أموال المستثمرين استناداً إلى عوامل من قبيل المعدل المطلوب للحفاظ على الثقة المالية في المرفق، والمعدل المسموح لمرافق أخرى عندما تُشغَّل في نفس بيئة المخاطرة للعمل، والمعدل الذي يعد عادلاً ومعقولاً. ثم تُحسَب العائدات اللازمة لتحقيق العائد المطلوب على حقوق الملكية.

ميَّز ستول H. G. Stoll من شركة جنرال إلكتريك General Electric عاملَين لتنظيم أسعار الكهرباء هما: العائد على حقوق الملكية والعائد على أساس السعر[4]. يحسب العائد على الملكية الممثلة بالأسهم العادية نسبة الدخل الصافي المتوفر للسهم العادي (من قائمة الدخل للمرفق) إلى وسطي المساهمة العامة في الملكية لنهاية السنة (من المركز المالي "الميزانية"). ثم يُزاد العائد المطلوب أو يُنقَص بحيث يتحقق العائد المستهدف على حقوق الملكية. وبدلاً من ذلك، يُستخدم معيار العائد على أساس السعر تقليدياً لتنظيم أسعار المرافق. يعرف أساس السعر كما يلي:

أساس السعر = جميع الآلات الموجودة في الخدمة

– تراكم مخصصات الاهتلاك

+ المواد والتوريدات (اختياري)

+ مخزون الوقود (اختياري)

+ احتياطي رأس المال العامل (اختياري)

– فرق ضرائب الدخل (اختياري)

– فرق الائتمان (الرصيد) الضريبـــي على الاستثمار

+ أعمال الإنشاء التـــي هي في قيد التنفيذ

بسبب دور وأهمية تكلفة رأس مال المرفق والبنية الرأسمالية للعائد المطلوب الأدنـــى، نناقش هنا جوانب مختارة لتمويل المرفق المملوك للمستثمر. أولاً، تعفى الفوائد التـــي تدفع على رأس المال المقترض من ضريبة الدخل. لذا، تصبح تكلفة الدين بعد الضريبة.

---

[4] Stoll, H. G., *Least-Cost Electric Utility Planning* (New York: John Wiley & Sons, 1987).

$$i'_a = i'_b - ti'_b$$
$$= (1-t)\left[(1+i_b)(1+\bar{f})-1\right] \quad (5.12)$$

حيث: i'_b = تكلفة المال المقترض بأخذ التضخم في الحسبان؛ وتساوي

= $\left[(1+i_b)(1+\bar{f})-1\right]$

t = معدل ضريبة الدخل الفعلية؛

$\bar{f}$ = معدل التضخم الوسطي السنوي.

ثانياً، تتعلق تكلفة رأس مال الشركة بنسبة وتكلفة كل من رأس المال المقترض، ورأس مال المساهمين (المالكين). وتكون تكلفة *رأس المال بعد الضريبة* والمتضمنة للتضخم، هي:

$$K'_a = \lambda i'_a + (1-\lambda)e'_a$$
$$= \lambda(1-t)i'_b + (1-\lambda)e'_a \quad (6.12)$$

حيث: λ = نسبة رأس المال المقترض إلى رأس المال الكلي للمرفق؛

$(1-\lambda)$ = نسبة رأس مال المساهمين (حقوق الملكية) إلى رأس المال الكلي؛

e'_a = المعدل على حقوق الملكية المتضمن للتضخم $e'_a = \left[(1+e_a)(1+\bar{f})-1\right]$

والتكلفة الحقيقية لرأس المال (الخالية من التضخم) بعد الضريبة تساوي

$$Ka = \frac{1+K'_a}{1+\bar{f}} - 1$$
$$= \frac{\lambda(1-t)i_b + (1-\lambda)e_a - \lambda t\bar{f}}{1+\bar{f}} \quad (7.12)$$

حيث e_a هي المعدل الحقيقي على حقوق الملكية.

8.12 المحاسبة على أساس التدفق السنوي والمحاسبة العادية

تَستخدم طريقةُ العائد المطلوب التـــي ستُعرض في الفقرة 12-9 طريقةَ المحاسبة *بالتدفق السنوي* (سنة بسنة). وتتطلب هذه الطريقة في المحاسبة اقتصاداً في ضريبة الدخل (أرصدة Credits) ينتج من (1) تسريع الاهتلاك، (2) الائتمان الاستثماري (عندما يكون مطبقاً)، و(3) الفائدة المدفوعة على الأموال المستخدمة خلال الإنشاء والتـــي ستُنقل إلى زبائن المرفق في السنوات التـــي تدفع بها. مثلاً، يجري عادة تركيب اهتلاك الخط المستقيم لأغراض تحديد السعر والاهتلاك المتسارع لحساب ضرائب الدخل المستحقة *لتقليل* العائد المطلوب للمشروع عند استخدام طرائق المحاسبة عبر التدفق السنوي. وأيضاً ينتشر استخدام هذه الطريقة لمقارنة الاقتصاديات المرتبطة بالمشروعات المتنافسة وتعطي هذه الطرائق عائداً مطلوباً مكافئاً لذلك الذي تعطيه طرائق التدفق النقدي المخصوم Discounted Cash Flow لما بعد الضريبة والموضحة في الفصل 6.

من جانب آخر، تتطلب طريقة المحاسبة العادية توزيع الاقتصاد الناجم عن ضريبة الدخل المشار إليه سابقاً على كامل عمر المشروع. وتستخدم المحاسبة العادية من قبل معظم المرافق المملوكة للمستثمرين كطريقة لحماية الشركة من التغيرات غير المتوقعة في معدلات الضريبة المستقبلية وفي القوانين الحكومية التـــي تحكم أعمالها. وأيضاً، تستخدم المحاسبة العادية

حصراً لتحديد أسعار خدمات المرافق المتاحة للزبائن. وغالباً ما تؤدي هذه الطريقة المحاسبية إلى عائدات أعلى من تلك التـــي تعطيها المحاسبة على أساس طريقة التدفق السنوي. وبسبب التفاصيل الإضافية المرتبطة بالطريقة العادية للمحاسبة، اكتفينا في هذا الفصل بمناقشة طريقة التدفق السنوي لتحديد العائد المطلوب.

9.12 توضيح طريقة العائد المطلوب: الأسلوب الجدولي

يتيح استخدام الشكل الجدولي لحساب العائد السنوي المطلوب لمشروع المرفق نموذجاً سهل المعالجة ومفهوم الحساب. يمكن للمحلل استخدام أعمدة الجدول، التـــي تتطلبها المسألة المعطاة وذلك لحساب المركبات المختلفة للعائد المطلوب والواردة في (الشكل 1.12).

مثال 12-1

يستخدم هذا المثال المتضمن تقييم مشـــروع استثماري، البيانات الواردة فيما يلي للمشـــروع، ويبين (الجدول 1.12) العمليات التـــي تجري على الأعمدة عموداً عموداً لتحديد RR_k:

عمر المشروع، N = 4 سنوات؛

الاستثمار الرأسمالي الأولي، I = $7,500؛

القيمة السوقية، MV = $1,500؛

نفقات التشغيل والصيانة السنوية، C = $500؛

تكلفة الأموال المقترضة الحقيقية (دون تضخم)، i_b = 5% سنوياً؛

العائد الحقيقي على حقوق الملكية (دون تضخم)، e_a = 16.07% سنوياً؛

نسبة الدين، λ = 0.3،

معدل ضريبة الدخل الفعلية، t = 50%؛

طريقة الاهتلاك الدفترية = الخط المستقيم؛

طريقة الاهتلاك لحساب الضريبة = الخط المستقيم؛

معدل التضخم السنوي الوسطي، $\bar{f}$ = 0%.

الجدول 1.12: متطلبات العائد السنوي للمثال 12-1

السنة k	(1) الاستثمار غير المغطى UI_k	(2) الاهتلاك الدفتري DB_k	(3) الاهتلاك الضريبي DT_k	(4) العائد على الدين $\lambda i_b UI_k$	(5) العائد على الملكية $(1-\lambda)e_a UI_k$	(6) ضريبة الدخل T_k	(7) النفقات السنوية C_k	(8) RR_k = الأعمدة 7+6+5+4+2
1	$7,500	$1,500	$1,500	$113	$844	$844	$500	$3,780
2	6,000	1,500	1,500	90	675	675	500	3,440
3	4,500	1,500	1,500	68	506	506	500	3,080
4	3,000	1,500	1,500	45	337	337	500	2,720

يُحسَب العائد المطلوب لكل سنة من سنوات التشغيل k، وحيث $1 \le k \le 4$، ويرمز له بالرمز RR_k باستخدام المعادلة (4.12). ويُخصَّص عمود لكل بند في الحصص المحملة [انظر المعادلة (1.12)]، ويُستخدم عمود إضافي للنفقات السنوية

المتعلقة بالمشروع.

على سبيل المثال، يُحسَب RR_2 كما يلي:

العمود 1:

$$UI_2 = UI_1 - D_{B1}$$
$$= \$7,500 - \$1,500 = \$6,000$$

العمود 2 والعمود 3:

$$D = (I - MV)/N$$
$$= (\$7,500 - \$1,500)/4 = \$1,500$$

العمود 4:

$$\lambda i_b \times UI_2 = 0.3(0.05)(\$6,000) = \$90$$

العمود 5:

$$(1-\lambda)e_a \times UI_2 = 0.7(0.1607)(\$6,000) = \$674.94$$

العمود 6:

$$T_2 = [t/(1-t)][(1-\lambda)e_a \times UI_2 + D_{B_2} - D_{T_2}]$$
$$= [0.5/(1-0.5)] \times [0.7 \times 0.1607 \times \$6,000 + \$1,500 - \$1,500]$$
$$= \$674.94$$

العمود 7:

$$C_2 = \$500$$

العمود 8:

$$RR_2 = \$1,500 + \$500 + \$90 + \$674.94 + \$674.49$$
$$= \$3,439.88$$

وتُجرى الحسابات لبقية السنوات بنفـسس الطريقة. ويبيــن (الجدول 1.12) ملخصاً لنتائج المثال 12-1. ويلاحظ عدم تبقي أية قيمة للاستثمار دون تغطية في نهاية السنة 4.

من المألوف التعبير عن العائد السنوي المطلوب (العمود 8) كمقياس وحيد لقيمة المشروع الذي هو في قيد الدراسة.

تستخدم مقاييس القيمة الحالية التراكمية، والقيمة السنوية المكافئة (وتدعى أيضاً *العائد المطلوب المسوى Levelized* (الوسطى $\overline{RR}$)، والقيمة الرأسمالية (المرسملة Capitalized) غالباً من قبل المرافق لقياس جدوى المشروع. ولحساب هذه المقادير، هناك حاجة لعامل خصم يأخذ في الحسبان القيمة الزمنية للنقود. وتستخدم تكلفة رأس مال المرفق الحقيقية بعد الضريبة، K_a، كمعدل للفائدة لهذه الحسابات عندما يكون $\overline{f} = 0$.

في المثال 12-1، تُحدَّد K_a باستخدام المعادلة (7.12) بمعدل تضخم $\overline{f} = 0$:

$$K_a = 0.3 \times (1-0.5) \times 0.05 + (1-0.3) \times 0.1607 - 0.3 \times 0.5 \times 0/(1+0)$$
$$= 0.12\ (\%12)$$

لذلك، فالقيمة الحالية لـ RR كتابع في K_a هي

$$PWRR(K_a) = \sum_{k=1}^{N} RR_k \times (P/F, K_a\%, k)$$
$$= [\$3,799.86(P/F, 12\%, 1) + \$3,439.88(P/F, 12\%, 2) + \$3,079.92(P/F, 12\%, 3) + \$2,719.94(P/F, 12\%, 4)]$$
$$= \$10,055.59.$$

ويصبح العائد المطلوب المسوى (الوسطي)

$$\overline{\text{RR}}(K_a) = \text{PWRR}(K_a) \times (A/P, K_a\%, N)$$
$$= \$10{,}055.59 \times (A/P, 12\%, 4)$$
$$= \$3{,}310.70$$

أخيراً، العائد الرأسمالي المطلوب هو

$$\text{CRR}(K_a) = \overline{\text{RR}}(K_a) \div K_a$$
$$= \$3{,}310.70 \div 0.12$$
$$= \$27{,}589.17$$

عند الاختيار بين المشروعات الاستثمارية البديلة، فإنّ هذه المقاييس الكمية الثلاثة تعد متكافئة. ويمثل البديل الذي يقلل مقياس العائد المطلوب الاختيار الأكثر اقتصادية. وبسبب التزام المرفق بتقديم الخدمة للجمهور، فإنه يمكن عرض طلب زيادة السعر على الهيئة المعنية بالتنظيم إذا شعر المستثمرون أن العائدات الناجمة من المشروع غير مرضية.

الجدول 2.12: حسابات نظام الاسلاك المعلقة على أعمدة للمثال 2-12

السنة k	(1) الاستثمار غير المغطى	(2) الاهتلاك الدفتري	(3) الاهتلاك الضريبي	(4) العائد على الدين	(5) العائد على الملكية	(6) ضريبة الدخل	(7) النفقات السنوية	(8) RR_k = الأعمدة 2+4+5+6+7
1	$158,000	$7,900	$7,900	$4,171	$14,875	$9,892	$31,370	$68,208
2	150,100	7,900	7,900	3,963	14,131	9,397	31,370	66,761
3	142,200	7,900	7,900	3,754	13,387	8,902	31,370	65,313
4	134,300	7,900	7,900	3,546	12,644	8,408	31,370	63,867
5	126,400	7,900	7,900	3,337	11,900	7,914	31,370	62,420
6	118,500	7,900	7,900	3,128	11,156	7,419	31,370	60,974
7	100,600	7,900	7,900	2,920	10,412	6,924	31,370	59,526
8	102,700	7,900	7,900	2,711	9,669	6,430	31,370	58,080
9	94,800	7,900	7,900	2,503	8,925	5,935	31,370	56,632
10	86,900	7,900	7,900	2,294	8,181	5,440	31,370	55,185
11	79,000	7,900	7,900	2,086	7,437	4,946	31,370	53,739
12	71,000	7,900	7,900	1,877	6,694	4,452	31,370	52,292
13	63,200	7,900	7,900	1,668	5,950	3,957	31,370	50,845
14	55,300	7,900	7,900	1,460	5,206	3,462	31,370	49,399
15	47,400	7,900	7,900	1,251	4,462	2,967	31,370	47,951
16	39,500	7,900	7,900	1,043	3,719	2,473	31,370	46,504
17	31,600	7,900	7,900	834	2,975	1,978	31,370	45,057
18	23,700	7,900	7,900	626	2,231	1,484	31,370	43,611
19	15,800	7,900	7,900	417	1,487	989	31,370	42,163
20	7,900	7,900	7,900	209	744	495	31,370	40,717
								$\overline{RR} = \$59{,}497$

مثال 2-12

على مرفق عام توســـيع خدمة الطاقة الكهربائية لمركز تســـوق صغير. وينبغـــي صنع القرار بشأن استخدام خطوط هوائية وأعمدة أو نظام للتمديدات المطمورة تحت الأرض. سيكلف التزويد بنظام الأسلاك المعلقة على أعمدة $158,000 فقط، ولكن بسبب التغيرات العديدة المتوقعة في تطوير واستخدام مركز التسوق، يقدر أن نفقات الصيانة السنوية ستبلغ $29,000. أما النظام المطمور فيكلف $315,000، إلا أن نفقات الصيانة السنوية له لن تتجاوز $5,500. وتبلغ ضرائب الملكية السنوية 1.5% من الاستثمار الرأسمالي. تعمل الشركة بنسبة 33% من المال المقترض، والتـــي تدفع عليها فائدة 8% سنوياً. وينبغي أن يحقق رأس المال عائداً يساوي 11% سنوياً بعد الضرائب. ولهذه المسألة، يفسر العائد بعد الضريبة البالغ 11% بأنه قيمة K_a. تستخدم مدة 20 سنة مدة للدراسة، ويهمل أثر التضخم على التدفقات النقدية. تستخدم طريقة الخط المستقيم لحساب الاهتلاك لغرض التسجيل الدفتري ولغرض حساب الضريبة. ويبلغ معدل ضريبة الدخل الفعلي 39.94%.

قبل إمكان حساب العمود 5 (عائد الملكية) في الأسلوب الجدولي، ينبغي تحديد قيمة العائد على الملكية، e_a. ويمكن باستخدام المعادلة (7.12) أن يكتب

$$\begin{aligned} e_a &= \{K_a - \lambda \times [(1-t) \times i_b - t \times \bar{f} \times (1-\bar{f})]\} / (1-\lambda) \\ &= \{0.11 - 0.33 \times [(1-0.3994) \times 0.08 - 0.3994 \cdot 0 \times (1-0)]\} / (1-0.33) \\ &= 0.1405 \end{aligned}$$

الجدول 3.12: حسابات نظام التمديدات الأرضية (المطمورة) للمثال 2-12

السنة k	(1) الاستثمار غير المغطى	(2) الاهتلاك الدفتري	(3) الاهتلاك الضريبي	(4) العائد على الدين	(5) العائد على الملكية	(6) ضريبة الدخل	(7) النفقات السنوية	(8) الأعمدة = RR_k 7+6+5+4+2
1	$315,000	$15,750	$15,750	$8,316	$29,655	$19,721	$10,225	$83,667
2	299,250	15,750	15,750	7,900	28,173	18,735	10,225	80,783
3	283,500	15,750	15,750	7,484	26,690	17,749	10,225	77,899
4	267,750	15,750	15,750	7,069	25,207	16,763	10,225	75,014
5	252,000	15,750	15,750	6,653	23,724	15,777	10,225	72,129
6	236,250	15,750	15.750	6,237	22,242	14,791	10,225	69,245
7	220,500	15,750	15,750	5,821	20,759	13,805	10,225	66,360
8	204,750	15,750	15,750	5,405	19,276	12,819	10,225	63,476
9	189,000	15,750	15,750	4,990	17,793	11,832	10,225	60,590
10	173,250	15,750	15,750	4,574	16,310	10,846	10.225	57,705
11	157,500	15,750	15,750	4,158	14,828	9,861	10,225	54,822
12	141,750	15,750	15,750	3,742	13,345	8,874	10,225	51,936
13	126,000	15,750	15,750	3,326	11,862	7,888	10,225	49,052
14	110,250	15,750	15,750	2,911	10,379	6,902	10,225	46.167
15	94,500	15,750	15,750	2,495	8,897	5,917	10,225	43,283
16	78,750	15,750	15,750	2,079	7,414	4,930	10,225	40,398
17	63,000	15,750	15,750	1,663	5,931	3,944	10,225	37,513
18	47,250	15,750	15,750	1,247	4,448	2,958	10,225	34,629
19	31,500	15,750	15,750	832	2,966	1,972	10,225	31,744
20	15,750	15,750	15,750	416	1,483	986	10,225	28,859

$\overline{RR}$ = $66,305

يبين (الجدولان 12-2 و12-3) النتائج السنوية لـ RR لكل من نظامي الأسلاك المعلقة والتمديدات المطمورة، على الترتيب. وتظهر قيم $\overline{RR}$ لكل بديل في أسفل العمود الخاص بها في الجدول RR. وبموجب ذلك، يعطي نظام التمديدات المعلقة مقداراً أقل لـ $\overline{RR}$، لذا، فهو النظام الذي ينبغي اختياره استناداً إلى الاعتبارات المالية فقط.

10.12 الاستثمار الفوري مقابل الاستثمار المؤجل

بسبب ضرورة إعداد المرافق ينبغي إعدادها بصفة دائمة لمواجهة الطلب على الخدمة المطلوبة منها، وتتضمن العديد من دراسات الاقتصاد الهندسي في شركات المرافق المقارنة بين استثمارات حالية واستثمارات مؤجلة لمواجهة الطلب المستقبلي. وفيما يلي مثال على ذلك.

الجدول 4.12: بناء محطة ضخ جديدة للمثال 12-3

السنة k	(1) الاستثمار غير المغطي	(2) الاهتلاك الدفتري	(3) الاهتلاك الضريبي	(4) العائد على الدين	(5) العائد على الملكية	(6) ضريبة الدخل	(7) النفقات السنوية	(8) RR_k = الأعمدة 7+6+5+4+2
1	$375,000.00	$17,812.50	$17,812.50	$13,125.00	$26,250.00	$26,250	$30,000	$113,438
2	357,187.50	17,812.50	17,812.50	12,501.56	25,003.13	25,003	30,000	110,320
3	339,375.00	17,812.50	17,812.50	11,878.13	23,756.25	23,756	30,000	107,203
4	321,562.50	17,812.50	17,812.50	11,254.69	22,509.38	22,509	30,000	104,086
5	303,750.00	17,812.50	17,812.50	10,631.25	21,262.50	21,263	30,000	100,970
6	285,937.50	17,812.50	17,812.50	10,007.81	20,015.62	20,016	30,000	97,852
7	268,125,00	17,812.50	17,812.50	9,384.38	18,768.76	18,769	30,000	94,735
8	250,312,50	17,812.50	17,812.50	8,760.94	17,521.88	17,522	30,000	91,618
9	232,500.00	17,812.50	17,812.50	8,137.50	16,275.00	16,275	30,000	88,501
10	214,687.50	17,812.50	17,812.50	7,514.06	15,028.12	15,028	30,000	85,383
11	196,875.00	17,812.50	17,812.50	6,890.63	13,781.26	13,781	30,000	82,266
12	179,062.50	17,812.50	17,812.50	6,267.19	12,534.38	12,534	30,000	79,148
13	161,250.00	17,812.50	17,812.50	5,643.75	11,287.50	11,288	30,000	76,033
14	143,437.50	17,812.50	17,812.50	5,020.31	10,040.62	10,041	30,000	72,915
15	125,625.00	17,812.50	17,812.50	4,396.88	8,793.76	8,794	30,000	69,798
16	107,812.50	17,812.50	17,812.50	3,773.44	7,546.88	7,547	30,000	66,680
17	90,000.00	17,812.50	17,812.50	3,150.00	6,300.00	6,300	30,000	63,563
18	72,187.50	17,812.50	17,812.50	2,526.56	5,053.12	5,053	30,000	60,446
19	54,375.00	17,812.50	17,812.50	1,903.31	3,806.26	3,806	30,000	57,328
20	36,562.50	17,812.50	17,812.50	1,279.69	2,559.38	2,559	30,000	54,210
								$\overline{RR}$ = $92,135

مثال 3-12

على شركة للمياه أن تقرر وجوب إنشاء محطة ضخ جديدة الآن والتخلي عـن نظام الري المعتمد على التغذية الثقالية gravity-feed، الذي أصبح مهتلكاً بالكامل، أو الانتظار مـدة خمس سنوات لبناء هذه المحطة بسبب الأنابيب المتآكلة في نظام الري المعتمد على التغذية الثقالية. تبلغ نفقات التشغيل والصيانة والضرائب لنظام الري المعتمد على التغذية الثقالية ‎$45,000‎. وتكلف آلات الضخ ‎$375,000‎، ويقدر أنه ستكون لها قيمة سوقية 5% من الاستثمار الرأسمالي عند التخلص من الخدمة بعد 20 سنة، حيث سيتم بناء نظام أكبر وأحدث. تبلغ نفقات التشغيل والصيانة وضرائب الملكية للمحطة المقترحة ‎$30,000‎. وليس لنظام الري المعتمد على التغذية الثقالية أية قيمة سوقية الآن أو فيما بعد.

إذا بُنيتْ محطة الضخ الآن، فسيكون لها عمر استخدام يساوي 20 سنة، وإذا بنيت بعد خمس سنوات، فسيكون عمرها المجدي 15 سنة فقط، إلا أن قيمتها السوقية تبقى مساوية لنسبة 5% من الاستثمار الرأسمالي. باستخدام طريقة العائد المطلوب، حدِّد أي البديلين هو الأفضل. يفترض استخدام اهتلاك الخط المستقيم للأغراض الدفترية والضريبية. وتعمل الشركة برأس مال مقترض نسبته 50%، وتدفع فائدة عليه تبلغ 7% سنوياً. ويتوقع أن يبلغ المعدل على حقوق الملكية حوالي 14% سنوياً، وتدفع الشركة معدلاً فعلياً للضرائب يبلغ 50%.

الجدول 5.12: البناء المؤجل لخمس سنوات لمحطة الضخ الجديدة للمثال 3-12

السنة k	(1) الاستثمار غير المغطى	(2) الاهتلاك الدفتري	(3) الاهتلاك الضريبي	(4) العائد على الدين	(5) العائد على الملكية	(6) ضريبة الدخل	(7) النفقات السنوية	(8) RR_k = الأعمدة 7+6+5+4+2
1	$0	$0	$0	$0	$0	$0	$45,000	$45,000
2	0	0	0	0	0	0	45,000	45,000
3	0	0	0	0	0	0	45,000	45,000
4	0	0	0	0	0	0	45,000	45,000
5	0	0	0	0	0	0	45,000	45,000
6	375,000	23,750	23,750	13,125.00	26,250	26,250	30,000	119,375
7	351,250	23,750	23,750	12,293.75	24,588	24,588	30,000	115,220
8	327,500	23,750	23,750	11,462.50	22,925	22,925	30,000	111,063
9	303,750	23,750	23,750	10,631.25	21,263	21,263	30,000	106,907
10	280,000	23,750	23,750	9,800.00	19,600	19,600	30,000	102,750
11	256,250	23,750	23,750	8,968.75	17,938	17,938	30,000	98,595
12	232,500	23,750	23,750	8,137.50	16,275	16,275	30,000	94,438
13	208,750	23,750	23,750	7,306.25	14,673	14,673	30,000	90,402
14	185,000	23,750	23,750	6,475.00	12,950	12,950	30,000	86,125
15	161,050	23,750	23,750	5,643.75	11,288	11,288	30,000	81,970
16	137,500	23,750	23,750	4,812.50	9,625	9,625	30,000	77,813
17	113,750	23,750	23,750	3,981.25	7,963	7,963	30,000	73,657
18	90,000	23,750	23,750	3,150.00	6,300	6,300	30,000	69,500
19	66,250	23,750	23,750	2,318.75	4,638	4,638	30,000	65,345
20	42,500	23,750	23,750	1,487.50	2,975	2,975	30,000	61,188

$\overline{RR} = \$74,876$

الحل:

أولاً يُحدَّد K_a من المعادلة (12-7) فتكون $K_a = 0.5\,[(1 - 0.5)(0.07)] + 0.5(0.14) = 0.0875$ بعد ذلك نجد أن العائد المسوى المطلوب لمحطة الضخ الجديدة باستخدام تكلفة رأس المال بأخذ الضريبة في الحسبان، هو

$$\overline{\text{RR}}(8.75\%) = \$92{,}135$$

من (الجدول 5.12)، يكون العائد المسوى المطلوب للبناء المؤجل هو

$$\overline{\text{RR}}(8.75\%) = \$74{,}876$$

أخيراً، تبين مقارنة العائد المسوى لكل من البديلين أن البديل الأكثر اقتصادية هو تأجيل بناء محطة الضخ الجديدة مدة خمس سنوات.

11.12 تحليل العائد المطلوب في ظروف التضخم[5]

من المناقشة الواردة في الفصل 8، تبين أن اعتبار التضخم في دراسات الاقتصاد الهندسي يؤدي إلى قدر من التشويش وذلك بسبب حساب الاهتلاك والمبالغ السنوية الأخرى بالدولارات الحقيقية Actual التـي لا تتأثر بالتضخم. وتبقى هذه الصعوبة نفسها في حالة استخدام طريقة العائد المطلوب. ويوضح المثال 12-4 الأسلوب الصحيح لمعالجة التضخم في دراسات العائد المطلوب.

مثال 12-4

سنعيد الآن تقييم المثال 12-1 عند تضخم النفقات السنوية بمعـدل 10% سنوياً حيث تـزيد تكلفة الأموال المقترضة والعائد على حقوق الملكية نتيجة لمعدل التضخم. ويفترض أيضاً أن القيمة السوقية لا تتأثر بالتضخم. إضافة إلى ذلك، يُعبَّر عن المبالغ المقدرة للنفقات السنوية بدلالة قدرتها الشرائية في السنة صفر.

نحصل على جدول العائد المطلوب باستخدام المعادلات المستخدمة في المثال 12-1، باستثناء استبدال مبالغ السنة صفر (الجارية) جميعها بالقيم المكافئة المعدلة بأخذ معامل التضخم واستخدام نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل MACRS Modified Accelerated Cost Recovery System (إذ إن صنف الملكية وفق نظام الاهتلاك العام GDS هو ثلاث سنوات) ويرد الاهتلاك في العمود 3 في الجدول. وبوجه خاص، تحسب تكلفة رأس المال المقترض بأخذ التضخم في الحسبان كما يلي:

$$\begin{aligned} i_b' &= (1 + i_b) \cdot (1 + \bar{f}) - 1 \\ &= (1 + 0.05) \cdot (1 + 0.1) - 1 \\ &= 0.155 \end{aligned}$$

أما معدل العائد على حقوق الملكية بأخذ التضخم في الحسبان فيساوي:

$$\begin{aligned} e_a' &= (1 + e_a) \cdot (1 + \bar{f}) - 1 \\ &= (1 + 0.1607) \cdot (1 + 0.1) - 1 \\ &= 0.27677 \end{aligned}$$

[5] الأمثلة المتبقية تتضمن الاهتلاك عبر نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل (MACRS Modified Accelerated Cost Recovery System) وذلك ضمن عمود "الاهتلاك الضريبي" لتوضيح مواضع اختلاف الاهتلاك الدفتري عن الاهتلاك الضريبـي.

وبالمثل تكون، النفقات السنوية في السنة k هي:

$$C_k = \$500 \cdot (1+\bar{f})^k, \ \ 1 \le k \le 4$$

ويمكن تلخيص نتائج تحليل العائد المطلوب في (الجدول 6.12)، وفيما يلي الحسابات المستخدمة:

العمود 4: العائد على الدين في السنة k $= \lambda i'_b \times UI_k$

العائد على الدين في السنة 1 $= (0.30)(0.155)(\$7,500)$

$= \$348.75$

العمود 5: العائد على حقوق الملكية في السنة k $= (1-\lambda)e'_a \times UI_k$

العائد على حقوق الملكية في السنة 1 $= (1-0.3)(0.27677)(\$7,500)$

$= \$1,453.04$

العمود 6: ضريبة الدخل في السنة k $T_k = [t/(1-t)][(1-\lambda)e'_a \times UI_k + D_{B_k} - D_{T_k}]$

ضريبة الدخل في السنة 1 $= [0.5/(1\text{-}0.5)][1\text{-}0.3)(0.27677)(\$7,500)$

$+ \$1,500 - \$2,500] = \$453$

تكلفة رأس المال التـــي تأخذ في الحسبان التضخم تُحسَب بعد الضريبة من المعادلة (6.12) هي:

$$K'_a = \lambda(1-t)\, i'_b + (1-\lambda)e'_a$$
$$= 0.3(1-0.5)\,(0.155) + (1-0.3)\,(0.27677)$$
$$= 0.216989$$
$$\cong 21.7\%.$$

الجدول 6.12: حل المثال 12-1 بمعدل تضخم $\bar{f}$ يساوي 10% (المثال 12-4)

السنة k	(1) الاستثمار غير المغطى	(2) الاهتلاك الدفتري	(3) الاهتلاك الضريبي	(4) العائد على الدين	(5) العائد على الملكية	(6) ضريبة الدخل	(7) النفقات السنوية	(8) RR_k= الأعمدة 7+6+5+4+2
1	$7,500	$1,500	$2,500	$349	$1,453	$453	$550	$4,305
2	6,000	1,500	3,334	279	1,162	– 671	605	2,875
3	4,500	1,500	1,111	209	872	1,261	666	4,508
4	3,000	1,500	556	140	581	1,525	733	4,479

ويصبح العائد المطلوب المسوى للمشروع ضمن ظروف التضخم

$$\overline{RR}(K'_a) = [\$4,305.08 \cdot (P/F, 21.7\%, 1) + \$2,875.11 \cdot (P/F, 21.7\%, 2)$$
$$= + \$4,507.66 \cdot (P/F, 21.7\%, 3) + \$4,478.69(P/F, 21.7\%, 4)]$$
$$= \$3,996.43$$

12.12 الخلاصة

بسبب المميزات الخاصة للمرافق، فإن المرافق المملوكة للقطاع الخاص تمنح عادة حقوق امتياز Franchise احتكارية من قبل القطاع العام. وبالمقابل، يتوقع من هذه المرافق تحقيق طلبات الزبائن التـــي يُعبَّر عنها بالرقابة التـــي تفرضها هيئة

معنية للعمل لمصلحة الجمهور.

عرضنا طريقة العائد المطلوب كتقنية للتقييم الاقتصادي تناسب مشروعات المرافق العامة. ويخضع سعر خدمة المرفق لمبدأ أساسي يتمثل في حقيقة أنه ينبغي أن يوفر المرفق عائدات قادرة على تغطية نفقات توفير الخدمة من قبل المرفق إضافة إلى تحقيق عائد عادل على حقوق الملكية للمستثمرين.

توصي طريقة العائد المطلوب بصنع الاختيارات نفسها التي تحدث باستخدام طرائق PW وAW المألوفتين باستخدام معدل خصم يساوي تكلفة رأس المال الموزونة للمرفق بعد الضريبة.

تكافئ طريقة العائد المطلوب تحليل البدائل المتنافسة باستخدام القيمة الحالية PW أو القيمة السنوية AW. وتختلف فقط شكلياً. وهو أن طريقتي PW وAW تقيمان المشروع من وجهة نظر المساهمين، على حين تستخدم طريقة العائد المطلوب وجهة نظر زبائن المرفق، لأن الأسعار تخضع للتنظيم عبر ممثلي المواطنين.

13.12 المراجع

COMMONWEALTH EDISON COMPANY. *Engineering Economics* (Chicago: Commonwealth Edison Company, 1975).

JEYNES, P. H. *Profitability and Economic Choice* (Ames: Iowa State University Press, 1968).

MAYER, R. R. "Finding Your Minimum Revenue Requirements," *Industrial Engineering*, vol. 9, no. 4, April 1977, pp. 16–22.

STOLL, H. G. *Least-Cost Electric Utility Planning* (New York: John Wiley & Sons, 1987).

WARD, T. L., and W. G. SULLIVAN. "Equivalence of the Present Worth and Revenue Requirements Method of Capital Investment Analysis," *AIIE Transactions*, vol. 13, no. 1, pp. 29–40.

14.12 مسائل

الرقم بين القوسين ( ) الوارد في نهاية كل مسألة يشير إلى الفقرة التي تعود لها المسألة.

1.12

أ. صِفْ أنواع التنظيم التي يمكن أن تخضع لها المرافق المملوكة للمستثمرين، والتي لا تخضع لها عادة الصناعات الخاصة. ولماذا يعد التنظيم ضرورياً؟ (12-1)

ب. كيف تختلف الدراسات الاقتصادية في المرافق المملوكة للحكومة عن المرافق المملوكة للمستثمرين؟ (2.12)

2.12

أ. ما هي الفوائد التي تقدمها شركات المرافق للجمهور؟ (12-1)

ب. ما هي السلبيات التي يمكن أن تنطوي عليها المرافق؟ (12-1)

ج. كيف يمكن تحقيق التنظيم لعمل المرافق ضمن ولاية واحدة مقابل تنظيم عمل المرافق التي تقدم خدمات لولايات عديدة (مثل، شركات الهاتف وأنابيب الغاز)؟ (12-2)

3.12 لخص باختصار الخصائص الأساسية التي تميز المرافق المملوكة للمستثمرين عن الصناعات غير الخاضعة للتنظيم كالفولاذ، والسيارات، والصناعات الكيميائية.(3.12)

4.12 لماذا تموّل معظم المرافق بنسبة عالية من رأس المال المقترض؟ وما هي الخصائص التـــي تنطوي عليها هذه الصناعة وتمكنها من جذب مبالغ كبيرة من الأموال المقترضة، وما هي الفوائد (السلبيات) المرتبطة باستخدام المال المقترض؟ (2.12).

5.12 اشرح كيف يمكن أن يكون من الأفضل لجمهور المستهلكين أن تسمح الهيئة المعنية بالتنظيم للمرفق أن يقوم بتحصيل أسعار مرتفعة تسمح له بتحقيق عائد مناسب على رأسماله. (12-7)

6.12

أ. قال عضو في هيئة مسؤولة عن التنظيم في إحدى الولايات، "سأعارض أي ارتفاع في الأسعار. أنا مهتم فقط بالأسعار التـــي يجب أن يدفعها الزبائن اليوم". علّق على النتائج التـــي يمكن أن تنجم إذا ما اتبع جميع أعضاء الهيئة هذه الفلسفة. (7.12)

ب. علّق على هذه العبارة: "يجب عدم السماح لأي شركة تقدم خدمة حصرية **exclusive** مطلوبة كالطاقة الكهربائية أن تحقق ربحاً". (12-7)

7.12 هل هناك تبرير للسماح لمرفق خاضع للتنظيم ويمتلكه القطاع الخاص لتضمين تكلفة الإعلان في أسعاره (يهدف تشجيع الجمهور إلى زيادة استخدام الخدمة)؟ (12-7)

ملاحظة: حل المسائل المتبقية باستخدام تكلفة رأس المال بعد الضريبة، K_a (أو K'_a).

8.12 يمكن لشركة هاتف أن توفر تجهيزات معينة عمرها 10 سنوات ولها قيمة سوقية تساوي الصفر بواحد من بديلين. البديل A يتطلب استثمار 70,000$ إضافة إلى مبلغ 3,000$ سنوياً للصيانة. البديل B له استثمار رأسمالي 48,000$ وسيتطلب 6,000$ سنوياً للصيانة. تبلغ ضرائب الملكية والتأمين لكل من البديلين 4% من الاستثمار الرأسمالي سنوياً. تكلفة رأس المال لما بعد الضريبة تساوي 10%، مع نسبة 30% من المال المقترض بمعدل فائدة 6%. معدل الضريبة الفعلية على الدخل 50%. أي البديلين سيوفر العائد المكافئ المطلوب السنوي الأدنـــي؟ وذلك باستخدام نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل MACRS Modified Accelerated Cost Recovery System (وحيث إن صنف الملكية وفق نظام الاهتلاك العام GDS هو خمس سنوات) والاهتلاك الدفتري يُحسَب بطريقة الخط المستقيم لمدة 10 سنوات. (8.12, 5.12)

9.12 على شركة للغاز أن تقرر وجوب بناء منشأة جديدة لإصلاح العدادات **meter-repair** والاختبار الآن أو الانتظار ثلاثة سنوات قبل بناء هذه المنشأة. يقدر أنه حتـــى بناء المنشأة الجديدة فإن نفقاتها السنوية لتحقيق هذه الوظائف ستبلغ 90,000$ أي أكثر من حالة إتمام المنشاة الجديدة. ستكلف المنشأة الجديدة 900,000$ ولن يُحتاج إليها بعد 20 سنة ("هي مدة التحليل"). يتوقع أن تبلغ القيمة السوقية النهائية في ذلك الوقت 200,000$. تستخدم الشركة نسبة 40% من الأموال المقترضة، وتدفع نسبة 8% سنوياً (قبل الضريبة) كفائدة؛ وتسمح لها الهيئة المعنية بالتنظيم بتحقيق عائد يساوي 13.8% سنوياً على حقوق الملكية. بافتراض أن الشركة تخضع لنسبة ضريبة دخل فعلية 46%، ما هو العائد المطلوب الأدنـــى لكل من الخيارين وأي البديلين هو الأفضل. وذلك بفرض حساب الاهتلاك للأغراض الدفترية والضريبية بطريقة الخط المستقيم ولمدة اهتلاك تبلغ 20 سنة. (8.12, 5.12)

10.12 يمكن لشركة مرفق أن تنشئ محطة طاقة كهربائية حديثة يمكنها توليد الكهرباء بسعر 0.024$ للكيلو واط ساعة

وبعامل تحميل 70%. ويغطي هذا السعر جميع النفقات، ومن ضمن ذلك الربح على رأس المال وضرائب الدخل. وتمتلك صناعة ضخمة محطة للطاقة ستوفر إمكانية شراء كامل الطاقة. وللحصول على الفائدة من شراء كامل الإنتاج، فإن ذلك سيكلف $180 لكل كيلو واط من السعة Capacity تخصص لبناء خطوط النقل اللازمة، والتـــي ستوفر عامل تحميل 70%. وستبلغ نفقات الصيانة السنوية لهذا الخط $0.90 لكل كيلو واط واحد من السعة، وسيتعرض للاهتلاك بصفة كاملة للأغراض الدفترية لأكثر من 30 سنة. يُستخدم نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل MACRS Modified Accelerated Cost Recovery System وصنف الملكية وفق نظام الاهتلاك العام GDS هو خمسة عشر سنة لأغراض حساب الاهتلاك لضريبة الدخل. تبلغ تكلفة أموال الشركة 12% سنوياً، ومع نسبة 40% من الأموال المقترضة التـــي تدفع نسبة فائدة سنوية 7%. ومعدل ضريبة الدخل الفعلية 50%. مدة الدراسة هي 30 سنة. ما هو السعر الذي ينبغي للشركة شراء الطاقة به بحيث يصبح من الاقتصادي توليدها بالمحطة الجديدة الحديثة؟ (8.12, 5.12)

11.12 حدد العائد المطلوب السنوي لمحطة التحويل المقترحة 280-KVA التـــي تحقق ما يلي (5.12):

تكلفة الإنشاء	= $240.000
ضرائب الملكية والتأمين في السنة	= 2% من تكلفة الإنشاء
القيمة السوقية	= 0
العمر الضريبـــي = العمر الدفتري	= 4 سنوات
طريقة الاهتلاك (للأغراض الدفترية)	= الخط المستقيم
طريقة الاهتلاك (للأغراض الضريبية)	= نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل MACRS Modified Accelerated Cost Recovery System (وصنف الملكية وفق نظام الاهتلاك العام GDS هو ثلاث سنوات)
معدل ضريبة الدخل الفعلية	= 0.40
تكلفة رأس المال من حقوق الملكية	= 20% سنوياً
نسبة حقوق الملكية	$(1-\lambda)$ = 0.60
تكلفة الأموال المقترضة	= 12% سنوياً
نسبة الأموال المقترضة	λ = 0.40

املأ (الجدول 11.12) لإتمام هذه المسألة.

الجدول 11.12: جدول المسألة 12-11

نهاية السنة k	الاستثمار غير المغطى	الاهتلاك الدفتري	الاهتلاك الضريبي	النفقات السنوية الجارية	العائد على الدين	العائد على الملكية	ضريبة الدخل	العائد المطلوب
1								
2								
3								
4								

12.12 على شركة هاتف أن توفر وحدة بطارية تيار مستمر لمنطقة خدمة جديدة في 2002. العمر المجدي المتوقع للمعدة هو سبع سنوات. يتطلب البديل A استثمار رأسمالي $75,000 ونفقات تشغيل وصيانة سنوية تبلغ $8,000 سنوياً. القيمة السوقية لأغراض الضريبة هي صفر، وهي أيضاً القيمة السوقية المتوقعة. العمر الضريبـــي المستخدم لأغراض الضريبة يبلغ 5 سنوات، ويستخدم نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل MACRS Modified Accelerated Cost Recovery System (وصنف الملكية وفق نظام الاهتلاك العام GDS هو ثلاث سنوات). يستخدم الاهتلاك بطريقة الخط المستقيم لمدة سبع سنوات لأغراض تحديد السعر (أي، الاهتلاك الدفتري).

تبلغ تكلفة رأس المال بعد الضريبة (K'_a) 12% سنوياً، مع اقتراض 40% بنسبة فائدة 8% سنوياً. ويساوي معدل الضريبة الفعلية 40% ويبلغ معدل التضخم العام 6% سنوياً. وتتأثر نفقات التشغيل والصيانة فقط بالتضخم، وتتضمن تكاليف رأس المال المعطاة سابقاً سماحاً للضغوط التضخمية المتوقعة في الاقتصاد.

أجب على الأسئلة التالية فيما يتعلق بالبديل A. وَضّحْ أية فرضيات تشعر أنها مناسبة وضرورية. (10.12)

أ. ما هي الدولارات الحقيقية (Actual) في السنة الخامسة من العمر المجدي لهذا البديل؟

ب. ما هي ضريبة الدخل التـــي ستتضمن في جدول RR للسنة الخامسة؟

13.12 في عام 2002، تبلغ تكلفة الإنشاء لمحول جديد في شركة OPEC للمرافق $50,000. وتتضخم نفقات الصيانة السنوية بنسبة 5 سنوياً، وتبلغ $1,500 بدولارات اليوم. ويستخدم نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل MACRS Modified Accelerated Cost Recovery System (وصنف الملكية وفق نظام الاهتلاك العام GDS هو خمس سنوات) لأغراض الضريبة، ويبلغ العمر المتوقع للمحول ثمانـــي سنوات. وتهمل القيمة السوقية MV النهائية. يستخدم الاهتلاك بطريقة الخط المستقيم لتحديد القيمة الدفترية BV لأغراض تحديد السعر. يمثل المال المقترض نسبة 40% من رأسمال الشركة، ويكلف نسبة 10% سنوياً قبل الضرائب. ويبلغ العائد على الملكية 15% تقريباً في السنة.(10.12)

أ. إذا كان المعدل الفعلي للضريبة للشركة 40%، احسب RR في السنة الثالثة.

ب. إذا كان المعدل الفعلي للضريبة للشركة 50%، فكم سيزيد RR في السنة الثالثة؟

14.12 أمام شركة مرفق كهربائي فرصة لبناء محطة توليد كهرمائية hydroelectric بسعة تبلغ 20,000 kW وذلك على جدول مياه يجري في منطقة جبلية موسمياً. ونتيجة لذلك، ستبلغ الطاقة فقط 40,000,000 kWh. يبلغ الاستثمار الرأسمالي $2,000,000، ويقدر أن تبلغ نفقات التشغيل والصيانة السنوية $32,000 خلال العمر الاقتصادي التقديري والبالغ 30 سنة. وهناك اقتناع بأن القيمة السوقية في نهاية مدة الـــ 30 سنة ستبلغ $200,000. يتمثل البديل لهذا الخيار في بناء محطة توليد حرارية، سيكون لها نفس السعة، بتكلفة $1,600,000. وبسبب دفع الشركة لمالكي البخار الحراري، فإن النفقات السنوية المقدرة للبخار وللتشغيل والصيانة ستبلغ $120,000. يمكن الحصول على عقد مدته 30 سنة لتوريد البخار، وهناك قناعة أن هذه المدة واقعية للعمر الاقتصادي للمحطة، ولكن القيمة السوقية لها في ذلك الوقت ستتجاوز الصفر قليلاً. تبلغ ضرائب الملكية والتأمين على كلا المحطتين 2% من الاستثمار الرأسمالي سنوياً. وتستخدم الشركة نسبة 40% من الأموال المقترضة، التـــي تدفع عليها فائدة سنوية تبلغ 8.5%. وتحقق عائداً يبلغ 13% سنوياً بعد الضرائب على رأس المال الكلي، ويبلغ معدل الضريبة الفعلي لها نسبة 50%. أي البديلين ينبغي اختياره؟ ضع الفرضيات التـــي تحتاجها. (8.12)

15.12 استخدم طريقة RR لمقارنة البديلين A وB في المسألة P12-8 عندما يكون معدل التضخم السنوي على نفقات الصيانة 6%. وذلك بافتراض عدم تأثر ضرائب الملكية بالتضخم، وقم بتعديل تكلفة رأس المال بحيث تأخذ التضخم في الحسبان. (10.12)

16.12 تدرس شركة لأنابيب الغاز الطبيعي خطتين لتوفير الخدمة المطلوبة لمواجهة الطلب الحالي والنمو المتوقع في الطلب لمدة 18 سنة قادمة. يتطلب البديل A استثماراً فورياً $700,000 في الملكية التـي يتوقع أن يبلغ عمرها 18 سنة، وتساوي القيمة السوقية النهائية نسبة 10% من رأس المال المستثمر. وتبلغ النفقات السنوية $25,000. وتمثل ضرائب الملكية السنوية نسبة 2% من رأس المال المستثمر. يتطلب البديل B استثماراً فورياً $400,000 في الملكية التـي يقدر عمرها بـ 18 سنة، مع 20% من رأس المال المستثمر كقيمة سوقية نهائية. وتبلغ نفقات التشغيل والصيانة السنوية خلال السنوات الثمانـي الأولى $42,000. وبعد ثمانـي سنوات، هناك حاجة لاستثمار إضافي يبلغ $450,000 في الملكية التـي لها عمر تقديري 10 سنوات مع بقاء 50% من الاستثمار الإضافي في نهاية المدة كقيمة سوقية. بعد إضافة هذه الملكية، تبلغ نفقات التشغيل والصيانة السنوية (للسنوات من 9 حتـى 18) للملكيتين $72,000. وتمثل ضرائب الملكية السنوية 2% من الاستثمار الرأسمالي الأولي في الملكية في الخدمة في أي وقت. وتسمح الهيئة المعنية بالتنظيم بعائد عادل يبلغ 10% سنوياً على القيمة الدفترية BV الخاضعة للاهتلاك لتغطية تكلفة الأموال (K_a) للمرفق. بافتراض استمرار هذا المعدل للعائد خلال 18 سنة. وحيث يبلغ معدل الضريبة الفعلية لشركة المرفق 50%. تستخدم طريقة الخط المستقيم لحساب الاهتلاك للأغراض الدفترية في تحديد الأسعار، ويستخدم نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل MACRS Modified Accelerated Cost Recovery System (وصنف الملكية وفق نظام الاهتلاك العام GDS هو سبع سنوات) وذلك لحساب الاهتلاك لأغراض ضريبة الدخل للأصول الخاضعة للاهتلاك. تموَّل نصف أموال المرفق بالاقتراض بنسبة فائدة 8% سنوياً. حدِّد أي الخطط تقلل العائد السنوي المكافئ المطلوب بأخذ ضرائب الدخل وضرائب الملكية في الحسبان. (9.12)

17.12 لدى إنجاز التوقعات للاحتياجات في منطقة معينة للسنوات الـ 30 القادمة، حددت شركة هاتف أنه ستكون هناك حاجة إلى 600 كبل مزدوج فوراً و1,000 زوج إجمالي في نهاية السنة 15. وهناك حاجة لقناة مطمورة بحجم كاف للكبل المطلوب بتكلفة $10,000. إذا تم تجهيز الـ 1,000 كبل الآن، فإن تكلفتها ستبلغ $30,000. وكبديل، يمكن التزويد بـ 600 كبل فوراً بتكلفة $20,000 وإضافة الـ 400 المتبقية في نهاية مدة الـ 15 سنة بتكلفة تقديرية $16,000. بسبب الاهتلاك المعنوي التقنـي (التقادم) obsolescence، تعتمد سياسة الشركة اعتبار أن العمر الاقتصادي لأي من البديلين 30 سنة منذ الآن. تبلغ ضرائب الملكية السنوية 2% من تكلفة التجهيز، والقيمة السوقية لكامل الكبل والقناة في نهاية مدة الـ 30 سنة تقدر بأنها 10% من تكلفة التجهيز (الإنشاء). وتستخدم الشركة 40% من رأس المال المقترض، وتدفع مقابله نسبة 8% سنوياً. وتكسب معدل 12% في السنة بعد الضرائب على كامل رأس المال وحيث يبلغ المعدل الفعلي للضرائب 50%. ما هو البديل الذي ستوصي به؟ بافتراض أن الاهتلاك للأغراض الدفترية والضريبية هو بطريقة الخط المستقيم على مدة 15 سنة لكل من البديلين. (9.12)

تحليل المخاطرة الاحتمالي

يهدف هذا الفصل إلى (1) إدخال استخدام مفاهيم الإحصاء والاحتمال في حالات القرار التي تنطوي على المخاطرة وعدم التأكد Uncertainty (2) توضيح كيفية تطبيق هذه المفاهيم في تحليل الاقتصاد الهندسي (3) مناقشة الاعتبارات والحدود المتعلقة بتطبيقها

يناقش هذا الفصل التطبيقات التالية:

توزيع المتغيرات العشوائية

الخصائص الأساسية للتوزيعات الاحتمالية

تقييم المشروعات مع المتغيرات العشوائية المتقطعة Discrete

أشجار الاحتمالات

تقييم المشروعات مع المتغيرات العشوائية المستمرة

عرض المحاكاة بطريقة مونتي كارلو Monte Carlo

إنجاز محاكاة مونتي كارلو باستخدام الكمبيوتر

تحليل شجرة القرار

1.13 مدخل

سنستعمل في هذا الفصل بعض مفاهيم الإحصاء والاحتمالات لتحليل النتائج الاقتصادية لبعض حالات القرار التي تنطوي على المخاطرة وعدم التأكد وتتطلب معرفة ومدخلات هندسية. وسنعتبر الاحتمال الذي تخضع له التكلفة، أو العائد، أو العمر المجدي، أو قيمة أي عامل آخر، أو الذي تخضع له أية قيمة خاصة مكافئة أو معدل للعائد للتدفق النقدي، بأنه تابع التكرار frequency في المدى البعيد الذي يخضع له الحدث (القيمة) أو الفرصة الموضوعية المقدرة لحدوثه. وتدعى هذه العوامل ذات النتائج الاحتمالية *بالمتغيرات العشوائية random variables*.

كما ناقش الفصل 1، تنطوي حالة القرار – كما هو الحال في عملية التصميم، أو اختراع جديد، أو مشروع للتحسين، أو أي جهد مشابه يتطلب معرفة هندسية – على الاختيار بين بديلين أو أكثر مرتبطين بالقرار. وتنتج مبالغ التدفق النقدي لكل بديل عادة من مجموع، أو جداء، أو حاصل قسمة متغيرات عشوائية كالاستثمارات الرأسمالية الأولية، ونفقات التشغيل، والعائدات، والتغيرات في رأس المال العامل، وغيرها من العوامل الاقتصادية. ويمكن ضمن هذه الظروف، أن تمثل مقاييس الربحية (مثل، قيم القيمة المكافئة ومعدل العائد) للتدفق النقدي متغيرات عشوائية.

تتضمن المعلومات الخاصة بالمتغيرات العشوائية واللازمة بوجه خاص لصنع القرار القيمَ المتوقعة لهذه المتغيرات وتبايناتها variances، وخاصة للمقاييس الاقتصادية لجدوى البدائل. وتستخدم هذه القيم للمتغيرات العشوائية لجعل عدم التأكد المرتبط بكل بديل أكثر وضوحاً، ومن ذلك احتمال الخسارة. وهكذا، عند اعتبار عدم التأكد، يُستخدم عادة التغير في المقاييس الاقتصادية للجدوى واحتمال الخسارة المرتبطة بالبدائل في عملية صنع القرار.

2.13 توزيع المتغيرات العشوائية

تُستخدم الحروف الكبيرة عادة مثل X, Y, Z للدلالة على المتغيرات العشوائية والحروف الصغيرة (x, y, z) للإشارة إلى القيم الخاصة التـــي تأخذها هذه المتغيرات في مجال العينة sample (أي: في مجموعة جميع النتائج لكل متغير). إذا كان المتغير عشوائي X يتبع توزيعاً احتمالياً متقطعاً، فيشار إلى *تابع كتلته الاحتمالية* *Probability mass function* عادة بالرمز $p(x)$، ويشار إلى *تابع التوزيع التراكمي* *Accumulative distribution function* بـ $P(x)$. وإذا كان المتغير العشوائي يتبع توزيعاً احتمالياً مستمراً، فإن *تابع الكثافة الاحتمالية* *probability density function* وتابع التوزيع التراكمي له يشار إليهما بـ $f(x)$ و$F(x)$، على الترتيب.

1.2.13 المتغيرات العشوائية المستقلة

يقال عن المتغير العشوائي X بأنه *متقطع* إذا أمكن التعبير عنه بعدد محدود من القيم القابلة للقياس مثل $(x_1, x_2, \ldots, x_L)$. ويكون الاحتمال الذي يأخذه المتغير العشوائي المتقطع X عند القيمة x_i

$$\Pr\{X = x_i\} = p(x_i) \quad \text{for} \quad i = 1, 2, \ldots, L$$

(حيث i هي *دليل التتالي* للقيم المتقطعة، x_i التـــي يأخذها المتغير)

وحيث: $p(x_i) \geq 0$ وكذلك $\sum_i p(x_i) = 1$

ويمكن حساب احتمال أحداث المتغير العشوائي المتقطع من تابع الكتلة الاحتمالية للمتغير $p(x)$. فمثلاً، احتمال حدث وقوع القيمة X ضمن المجال المغلق $[a, b]$ يعطى بـ (حيث تشير النقطتان إلى "حيث")

$$\Pr\{a \leq X \leq b\} = \sum_{i:\, a \leq X_i \leq b} p(x_i) \tag{1.13}$$

إن احتمال أن تكون قيمة X أصغر أو تساوي $x = h$، حيث تابع التوزيع التراكمي $P(x)$ في الحالة المتقطعة، يعطى بالعلاقة:

$$\Pr\{X \leq h\} = P(h) = \sum_{i:\, X_i \leq h} p(x_i) \tag{2.13}$$

تمثل المتغيرات العشوائية المتقطعة في معظم التطبيقات العملية بيانات عددية كالعمر المجدي للأصل بالسنوات، أو عدد أعمال الصيانة في الأسبوع، أو عدد الموظفين كقيم صحيحة موجبة.

2.2.13 المتغيرات العشوائية المستمرة

يقال عن المتغير العشوائي X بأنه مستمر إذا وجد تابع غير سالب $f(x)$ بحيث يكون احتمال تحقق حدث وقوع قيمة X ضمن مجموعة من الأرقام الحقيقية $[c, d]$، وحيث $c < d$، مساوياً لـ

$$\Pr\{c \leq X \leq d\} = \int_c^d f(x)dx \tag{3.13}$$

وحيث

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$$

وهكذا، يمكن حساب احتمال تحقق وقوع الأحداث المتعلقة بالمتحول العشوائي X من تابع الكثافة الاحتمالية، واحتمال أن يأخذ X أية قيمة محددة تماماً يساوي الصفر. وأيضاً، فإن احتمال كون قيمة X أقل أو تساوي القيمة $x = k$، حيث تابع التوزيع المتراكم $F(x)$ في حالة الاستمرار، يعطى بالعلاقة

$$\Pr\{X \leq k\} = F(k) = \int_{-\infty}^{k} f(x)dx \qquad (4.13)$$

وأيضاً، في حالة الاستمرار،

$$\Pr\{c \leq X \leq d\} = \int_{c}^{d} f(x)\, dx = F(d) - F(c) \qquad (5.13)$$

في معظم التطبيقات العملية، تمثل المتغيرات العشوائية المستمرة بيانات مثل الزمن، والتكلفة، والعائد التي يمكن *قياسها* على مقياس مستمر. وبحسب الحالة، يقرر المحلل وضع نموذجه للمتغيرات العشوائية في تحليل الاقتصاد الهندسي باعتبارها متغيرات متقطعة أو مستمرة.

3.2.13 التوقع الرياضي وعزوم إحصائية مختارة

القيمة المتوقعة $E(X)$ لمتغير عشوائي مفرد X، هي متوسط موزون لقيم التوزيع x التي يأخذها هذا المتغير، وهي مقياس للتوضع المركزي لهذا التوزيع (النزعة المركزية للمتغير العشوائي). $E(X)$ هو العزم الأول للمتغير العشوائي حول المبدأ ويدعى *بمتوسط* التوزيع (العزم المركزي). والقيمة المتوقعة هي

$$E(X) = \begin{cases} \sum_i x_i p(x_i) & \text{for } x \text{ discrete and } i = 1, 2, ..., L \\ \int_{-\infty}^{\infty} x f(x)dx & \text{for } x \text{ continuous} \end{cases} \qquad (6.13)$$

ومع أن القيمة المتوقعة $E(X)$ توفر مقياساً للنزعة المركزية central tendency، فإنها لا تقيس كيفية توزع القيم العشوائية x حول المتوسط. ويقاس التشتت عبر *التباين Variance*، $V(X)$، وهو قيمة غير سالبة، لمتغير عشوائي وحيد X وهو مقياس للتشتت الذي تأخذه هذه القيم حول المتوسط. ويساوي التباين القيمة المتوقعة لمربع الفرق بين قيم x والمتوسط، ويمثل العزم الثاني للمتغير العشوائي حول المتوسط:

$$E\{[X - E(X)]^2\} = V(X) = \begin{cases} \sum_i [x_i - E(X)]^2 p(x_i) & \text{for } x \text{ discrete} \\ \int_{-\infty}^{\infty} [x - E(X)]^2 f(x)dx & \text{for } x \text{ continuous} \end{cases} \qquad (7.13)$$

بنشر الحد $[X - E(X)]^2$، يمكن بسهولة رؤية أن $V(X) = E(X^2) - [E(X)]^2$. أي إن $V(X)$ يساوي العزم الثاني للمتغير العشوائي حول المبدأ ويساوي القيمة المتوقعة لـ X^2، ناقصاً منها مربع المتوسط. والصيغة المستخدمة عادة لحساب التباين للمتغير العشوائي X هي:

$$V(X) = \begin{cases} \sum_i x_i^2 p(x_i) - [E(X)]^2 & \text{for x discrete} \\ \int_{-\infty}^{\infty} x_i^2 f(x)dx - [E(X)]^2 & \text{for x continuous} \end{cases} \quad (8.13)$$

أما الانحراف المعياري *Standard Deviation* للمتغير العشوائي، SD(X)، فهو الجذر التربيعي الموجب للتباين؛ أي، $SD(X) = [V(X)]^{1/2}$.

4.2.13 ضرب المتغير العشوائي بثابت

تُجرى عملية معتادة على المتغير العشوائي وهي ضرب هذا المتغير بثابت، فمثلاً، نعبِّر عن تكلفة العمل في الصيانة التــي تستغرق مدة بالعلاقة $Y = cX$، وذلك بافتراض أن عدد الساعات التــي يبذلها العامل (X) في هذه المدة هو متغير عشوائي، وأن تكلفة العامل في الساعة تساوي (c) قيمة ثابتة. وتمثل القيمة الحالية PW لمشروع مثالاً آخر وذلك عندما تكون قيم التدفق النقدي لما قبل ولما بعد الضريبة، F_k، متغيرات *عشوائية*، ويُضرَب كل F_k بعد ذلك بثابت ($P/F, i\%, k$) للحصول على قيمة PW.

عند ضرب المتغير العشوائي، X، بثابت، c، فإن القيمة المتوقعة $E(cX)$، والتباين، $V(cX)$، لهذا المتغير

$$E(cX) = cE(X) = \begin{cases} \sum_i cx_i p(x_i) & \text{for } x \text{ discrete} \\ \int_{-\infty}^{\infty} cxf(x)dx & \text{for } x \text{ continuous} \end{cases} \quad (9.13)$$

و

$$\begin{aligned} V(cX) &= E\{[cX - E(cX)]^2\} \\ &= E\{c^2X^2 - 2c^2X \times E(X) + c^2[E(X)]^2\} \\ &= c^2E\{[X - E(X)]^2\} \\ &= c^2V(X) \end{aligned} \quad (10.13)$$

5.2.13 ضرب متغيرين عشوائيين مستقلين

يمكن أن ينتج المتغير العشوائي الذي يمثل التدفق النقدي، وليكن Z، من ضرب متغيرين عشوائيين آخرين، $Z = XY$. وأحياناً يمكن التعامل مع X وY باعتبارهما متغيرين عشوائيين مستقلين إحصائياً. فمثلاً، يمكن أن تمثل النفقات السنوية التقديرية، $Z = XY$، اللازمة لقطع الغيار المورّدة بصفة متكررة خلال السنة على أساس تنافسي، وذلك بافتراض أن سعر الوحدة (X) وعدد الوحدات المستخدمة سنوياً (Y) تمثل متغيرات عشوائية مستقلة.

عندما يكون المتغير العشوائي، Z، هو جداء متغيرين عشوائيين مستقلين X وY، فإن القيمة المتوقعة، $E(Z)$، والتباين، $V(Z)$، لهذا المتغير

$$\begin{aligned} Z &= X\,Y \\ E(Z) &= E(X)\,E(Y) \\ V(Z) &= E[XY - E(XY)]^2 \\ &= E\{X^2Y^2 - 2XYE(XY) + [E(XY)]^2\} \\ &= E(X^2)E(Y^2) - [E(X)E(Y)]^2 \end{aligned} \quad (11.13)$$

ويصبح تباين المتغير العشوائي، $V(\text{RV})$،

$$V(\text{RV}) = E[(\text{RV})^2] - [E(\text{RV})]^2$$

$$E[(\text{RV})^2] = V(\text{RV}) + [E(\text{RV})]^2$$

ويكون

$$V(Z) = \{V(X) + [E(X)]^2\}\{[V(Y)]^2\} + [E(Y)]^2\}\ [E(X)]^2[E(Y)]^2$$

أو

$$V(Z) = V(X)[E(Y)]^2 + V(Y)[E(X)]^2 + V(X)V(Y) \qquad (12.13)$$

3.13 تقييم المشروعات باستخدام المتغيرات العشوائية المتقطعة

يطبق مفهوما القيمة المتوقعة والتباين، نظرياً على الظروف المستمرة لمدة طويلة يفترض معها تكرار وقوع الحدث. ويعد تطبيق هذه المفاهيم عادة مفيداً حتـــى عندما لا يكون هناك تكرار لحدوث الاستثمارات في المدى البعيد، سنستخدم في هذه الفقرة عدة أمثلة لتوضيح هذه المفاهيم مع التعبير عن بعض العوامل الاقتصادية بدلالة متغيرات عشوائية.

مثال 13-1

بتطبيق مفهومَي القيمة المتوقعة والتباين على مشروع مصنع الخرسانة المصنعة سلفاً premixed الوارد في المثال 10-7. وبافتراض أن الاحتمالات التقديرية لاستخدام سعات (طاقات) إنتاجية مختلفة هي كما يلي:

السعة %	الاحتمال
50	0.10
65	0.30
75	0.50
90	0.10

والمطلوب تحديد القيمة المتوقعة والتباين للعائدات السنوية. وبعد ذلك، حساب القيمة المتوقعة والتباين للقيمة السنوية AW للمشروع. بتقييم كلٍّ من $E(\text{AW})$ و$V(\text{AW})$ لمصنع الخرسانة، نحصل على المؤشرات الخاصة بالربحية المتوسطة للمشروع وعلى مقدار عدم التأكد له. الحسابات موضَّحة في (الجدولين 13-1 و13-2).

الجدول 1.13: الحل للحصول على العائد السنوي (مثال 13-1)

i	السعة (%)	(A) الاحتمال $p(x_i)$	(B) العائد x_i [a]	$(A)\times(B)$ العائد المتوقع	$(C)=(B)^2$ x_i^2	$(A)\times(C)$
1	50	0.10	\$405,000	\$40,500	1.64×10^{11}	0.164×10^{11}
2	65	0.30	526,000	157,950	2.77×10^{11}	0.831×10^{11}
3	75	0.50	607,000	303,750	3.69×10^{11}	1.845×10^{11}
4	90	0.10	729,000	72,900	5.31×10^{11}	0.531×10^{11}
				\$575,100		3.371×10^{11} (\$)^2

[a] من (الجدول 10-5) مع عائد لسعة = 75% مضافة.

الحل

القيمة المتوقعة للعائد السنوي: $\sum(A\times B)=\$575{,}100$

تباين العائد السنوي: $\sum(A\times C)-(575{,}100)^2=6{,}360\times10^6\ (\$)^2$

الجدول 2.13: الحل للحصول على AW (مثال 13-1)

i	السعة (%)	(A) $P(x_i)$	(B) $x_i{}^a$aw	$(A)\times(B)$ AW المتوقعة	$(C)=(B)^2$ $(AW)^2$	$(A)\times(C)$
1	50	0.10	-$25,093	-$2,509	0.63×10^9	0.063×10^9
2	65	0.30	22,136	6,641	0.49×10^9	0.147×10^9
3	75	0.50	53,622	26,811	2.88×10^9	1.440×10^9
4	90	0.10	100,850	10,085	10.17×10^9	1.017×10^9
				$41,028		$2.667\times10^9\ (\$)^2$

[a] من الجدول 10-5 مع قيمة سنوية لسعة = 75% المضافة.

القيمة المتوقعة للقيمة السنوية AW: $\sum(A\times B)=\$41{,}028$

تباين AW: $\sum(A\times C)-(41{,}028)^2=9{,}837\times10^5\ (\$)^2$

الانحراف المعياري للقيمة السنوية AW: $31,364

الانحراف المعياري للقيمة السنوية AW، وهو SD(AW)، أقل من القيمة المتوقعة للقيمة السنوية E(AW)، وتنتج حالة استخدام السعة بواقع 50% فقط قيمة سنوية AW سالبة. وبذلك، مع هذه المعلومات الإضافية، يمكن للمستثمرين في هذا المشروع الحكم بأنه مقبول.

يمكن أن تؤدي الزيادة في رأس المال المستثمر في بعض المشروعات إلى تقليل الخسائر المستقبلية الناجمة عن مخاطر طبيعية أو بشرية، كما هو الحال في مشروع التحكم بالفيضان الوارد في المثال التالي. حيث يمكن مثلاً إنشاء قنوات تصريف للسدود المختلفة الأحجام والتكاليف بهدف التحكم في مياه الفيضان. وإذا ما صُمِّمت هذه القنوات واستُخدمت بوجه صحيح، فإن الزيادة في حجمها ستؤدي إلى تقليل الخسارة الناجمة عن الفيضان عند حدوثه. وكما هو متوقع، فإن الحجم الأكثر اقتصادية هو الذي يوفر الحماية المقبولة من معظم الفيضانات، وذلك بالرغم من توقع حدوث حالات الفيضانات الكبيرة والأضرار الناجمة عنها في مدد متباعدة.

مثال 13-2

يمكن لقناة تصريف في منطقة تتعرض لفيضانات سيول محلية تصريف 700 قدم مكعب في الثانية. ونتيجة للدراسات الهندسية حصلنا على البيانات التالية المتعلقة باحتمال أن يتجاوز الجريان المائي المحدد في أية سنة سعة القناة هذه والتكلفة اللازمة لتوسيع القناة:

جريان المياه (قدم مكعب / ثانية)	احتمال حدوث جريان أكبر من هذا الجريان في أية سنة واحدة	الاستثمار الرأسمالي اللازم لتوسيع القناة لمواجهة هذا الجريان
700	0.20	–
1,000	0.10	$20,000
1,300	0.05	30,000
1,600	0.02	44,000
1,900	0.01	60,000

الجدول 3.13: التكلفة السنوية المكافئة المتوقعة (مثال 13-2)

جريان المياه قدم مكعب/ ثانية	المبلغ اللازم لتغطية رأس المال	الضرر السنوي المتوقع للملكية[a]	التكلفة السنوية المنتظمة المتوقعة الكلية
700	لا يوجد	$20,000(0.20) = $4,000	$4,000
1,000	$20,000(0.0839) = $1,678	20,000(0.10) = 2,000	3,678
1,300	30,000(0.0839) = 2,517	20,000(0.05) = 1,000	3,517
1,600	44,000(0.0839) = 3,692	20,000(0.02) = 400	4,092
1,900	60,000(0.0839) = 5,034	20,000(0.01) = 200	5,234

[a] نحصل على هذه القيم بضرب $20,000 باحتمال حدوث جريان مياه أكبر.

وتدل السجلات على أن متوسط الضرر الذي تتعرض له الممتلكات يبلغ $20,000 عند حدوث فيضان إضافي كبير. وهذا الضرر هو الضرر الوسطي الناجم عن الزيادة في جريان السيول عن سعة Capacity القناة. تموَّل إعادة إنشاء القناة بسندات مدها 40 سنة بفائدة 8% سنوياً. ولذلك فإن حساب المبلغ اللازم لتغطية رأس المال لسداد الدين (أصل الدين مع الفوائد) سيبلغ 8.39% من الاستثمار الرأسمالي، وذلك لأن $0.0839 = (A / P, 8\%, 40)$. والمطلوب تحديد الحجم الاقتصادي للقناة (سعة الجريان).

الحل

يبين (الجدول 3.13) التكلفة السنوية المكافئة المنتظمة الإجمالية المتوقعة لإنشاء القناة وللأضرار التـي تتعرض لها الممتلكات لجميع الأحجام التصميمية للقناة. وتُظهر هـذه الحسابات أن التكلفة السـنوية المتوقعة الدنيا تحدث بتوسيع القناة بحيث تستوعب 1,300 قدم مكعب في الثانية، مع توقع أن الفيضان الذي يتجاوز هذه السعة يمكـن حدوثه في سنة واحدة فقط كل 20 سنة وسطياً ويسبب أضراراً للممتلكات تبلغ $20,000.

في حالة تعرض حياة الإنسان أو صحته للخطر نتيجة للمشروع، كالمشروع الوارد في المثال 13-2، يلاحظ أن ذلك يؤدي إلى ضغط لعدم اعتبار الاقتصاد المحض وبناء هذه المشروعات مع الأخذ في الحسبان القيم غير المالية المرتبطة بسلامة الإنسان.

يبين المثال التالي نفس المبادئ الواردة في المثال 13-2، باستثناء أنه يتضمن بدائل السلامة التـي تتضمن الدارات الكهربائية.

مثال 13-3

قُيِّمت ثلاثة بدائل للحماية من الدارات الكهربائية، مع الاستثمارات المطلوبة الحالية واحتمالات الفشل:

البديل	الاستثمار الرأسمالي	احتمال الخسارة في أية سنة
A	$90,000	0.40
B	100,000	0.10
C	160,000	0.01

عند حدوث الخسارة، فإنها ستكلف $80,000 مع احتمال 0.65، وخسارة $120,000 مع احتمال 0.35. احتمالات الخسارة في أي سنة مستقلة عن الاحتمالات المتعلقة بالتكلفة الناتجة عن الخسارة عند حدوث أحدهما. لكل من البديلين عمر اقتصادي يساوي ثماني سنوات وليس له أية قيمة سوقية بعد هذه السنوات. معدل العائد المقبول الأدنى MARR يساوي 12% سنوياً، ويتوقع أن تبلغ النفقات السنوية للصيانة 10% من الاستثمار الرأسمالي. المطلوب تحديد البديل الأفضل استناداً إلى التكاليف السنوية الإجمالية المتوقعة (الجدول 4.13).

الجدول 4.13: القيمة السنوية المكافئة المتوقعة (مثال 13-3)

البديل	مبلغ تغطية رأس المال ويساوي الاستثمار الرأسمالي × (A/P, 12%, 8)	نفقات الصيانة السنوية وتساوي الاستثمار الرأسمالي × (0.10)	التكلفة السنوية المتوقعة للفشل	التكلفة السنوية المكافئة لإجمالي للنفقات الإجمالية
A	$90,000(0.2013) = $18,117	$9,000	$94,000(0.40) = $37,600	$64,717
B	100,000(0.2013) = 20,130	10,000	94,000(0.10) = 9,400	39,530
C	160,000(0.2013) = 32,208	16,000	94,000(0.01) = 940	49,148

الحل

يمكن حساب القيمة المتوقعة للخسارة، عند حدوثها، كما يلي:

$$\$80,000(0.65) + \$120,000(0.35) = \$94,000$$

وهكذا، فالبديل B هو البديل الأفضل استناداً إلى التكلفة السنوية المنتظمة المكافئة الكلية المتوقعة، والتي هي التكلفة المتوسطة على المدى البعيد. ويمكن أن يختار المرء منطقياً البديل C والذي يقلل بدرجة كبيرة فرصة حدوث خسارة $80,000 أو $120,000 في أية سنة بزيادة 24.3% في التكلفة السنوية المنتظمة المكافئة المتوقعة.

في الأمثلة من 13-1 وحتى 13-3، مُثّل عامل العائد أو التكلفة بمتغير عشوائي متقطع مع افتراض عمر محدد للمشروع. النوع الثاني من الحالة يَفترض تقديرات محدودة القيم للتدفق النقدي، مع تمثيل عمر المشروع بدلالة متغير عشوائي. ويوضح المثال 13-4 هذا الافتراض، حيث يجري التعامل مع عمر المشروع باعتباره متغيراً عشوائياً متقطعاً.

مثال 13-4

أصبح نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) لمبنى تجاري غير كفء وغير موثوق. وأدى ذلك إلى تضرر الدخل الناجم عن إيجار المبنى، واستمرت النفقات السنوية للنظام بالزيادة. استؤجرت شركتك الهندسية من قبل المالكين للقيام بما يلي: (1) إجراء التحليل التقني للنظام، (2) تطوير التصميم الأولي لإعادة بناء هذا النظام، (3) إنجاز تحليل الاقتصاد الهندسي لمساعدة المالكين في صنع القرار. ويبين الجدول التالي تقديرات تكلفة الاستثمار الرأسمالي والاقتصاد السنوي في نفقات التشغيل والصيانة، استناداً إلى التصميم الأولي. قُدِّرت الزيادة السنوية في الدخل الناجم عن الإيجار مع نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء HVAC الجديد من قبل موظفي التسويق لدى المالكين ويبينها أيضاً الجدول التالي. ويمكن الاعتماد على هذه التقديرات بسبب توفر معلومات كثيرة. إلا أنه ليس هناك يقين فيما يتعلق بالعمر المجدي للنظام المعاد بناؤه. وتم الوصول إلى الاحتمالات التقديرية للأعمار المجدية المختلفة. بافتراض أن معدل العائد المقبول الأدنى MARR = 12% سنوياً وأن القيمة السوقية التقديرية للنظام الجديد في نهاية عمره المجدي تساوي الصفر واستناداً إلى هذه المعلومات، ما هي القيمة الحالية المتوقعة E(PW)، وتباين القيمة الحالية V(PW)، والانحراف المعياري للقيمة الحالية

SD(PW) للتدفقات النقدية للمشروع؟ وكذلك، ما هو احتمال أن تكون القيمة الحالية أكبر مـــن الصفر $PW \geq 0$؟ وما هو القرار الذي عليك صنعه فيما يتعلق بالمشروع، وكيف تبرر هذا القرار باستخدام المعلومات المتوفرة؟

العامل الاقتصادي	التقدير
الاستثمار الرأسمالي	$521,000
التوفير السنوي	48,600
الزيادة في العائد السنوي	31,000

العمر المجدي، السنة (N)	p(N)
12	0.1
13	0.2
14	0.3
15	0.2
16	0.1
17	0.05
18	0.05

$\Sigma = 1.00$

الحل

القيمة الحالية للتدفقات النقدية للمشروع PW، كتابع لعمر المشروع (*N*)، تساوي

$$PW(12\%)_N = -\$521{,}000 + \$79{,}600(P/A, 12\%, N)$$

يبين (الجدول 5.13) حسابات القيمة المتوقعة للقيمة الحالية $E(PW) = \$9{,}984$، والقيمة المتوقعة لمربع القيمة الحالية $E[(PW)^2] = 577.527 \times 10^6\ (\$)^2$. وباستخدام المعادلة (13-8) فإن تباين القيمة الحالية PW هو

الجدول 5.13: حساب القيمة المتوقعة للقيمة الحالية E(PW) والقيمة المتوقعة لمربع القيمة الحالية $E[(PW)^2]$ (مثال 13-4)

(1) العمر المجدي (N)	(2) PW(N)	(3) p(N)	(4) = (2) × (3) E[PW(N)]	(5) = (2)² [PW(N)]²	(6) = (3) × (5) p(N)[PW(N)]²
12	-$27,926	0.1	-$2,793	779.86 × 10⁶	77.986 × 10⁶
13	-9,689	0.2	-1,938	93.88 × 10⁶	18.776 × 10⁶
14	6,605	0.3	1,982	43.63 × 10⁶	13.089 × 10⁶
15	21,148	0.2	4,230	447.24 × 10⁶	89.448 × 10⁶
16	34,130	0.1	3,413	1,164.86 × 10⁶	116.486 × 10⁶
17	45,720	0.05	2,286	2,090.32 × 10⁶	104.516 × 10⁶
18	56,076	0.05	2,804	3,144.52 × 10⁶	157.226 × 10⁶
			E(PW) = $9,984		E[(PW)²] = 577.527 × 10⁶($)²

$$V(PW) = E[(PW)^2] - [E(PW)]^2$$
$$= 577.527 \times 10^6 - (\$9{,}984)^2$$
$$= 477.847 \times 10^6\ (\$)^2$$

الانحراف المعياري للقيمة الحالية SD(PW) هو الجذر التربيعي الموجب للتباين، $V(PW)$:

$$SD\ (PW) = [V(PW)]^{1/2} = (447.847 - 10^6)^{1/2}$$
$$= \$21{,}859$$

وبالاستناد إلى القيمة الحالية PW للمشروع كتابع في *N* (العمود 2)، واحتمال حدوث كل قيمة لـ PW(*N*) (العمود 3)، فإن احتمال أن تكون القيمة الحالية PW أكبر أو تساوي الصفر، هو

$$Pr\{PW \geq 0\} = 1 - (0.1 + 0.2) = 0.7$$

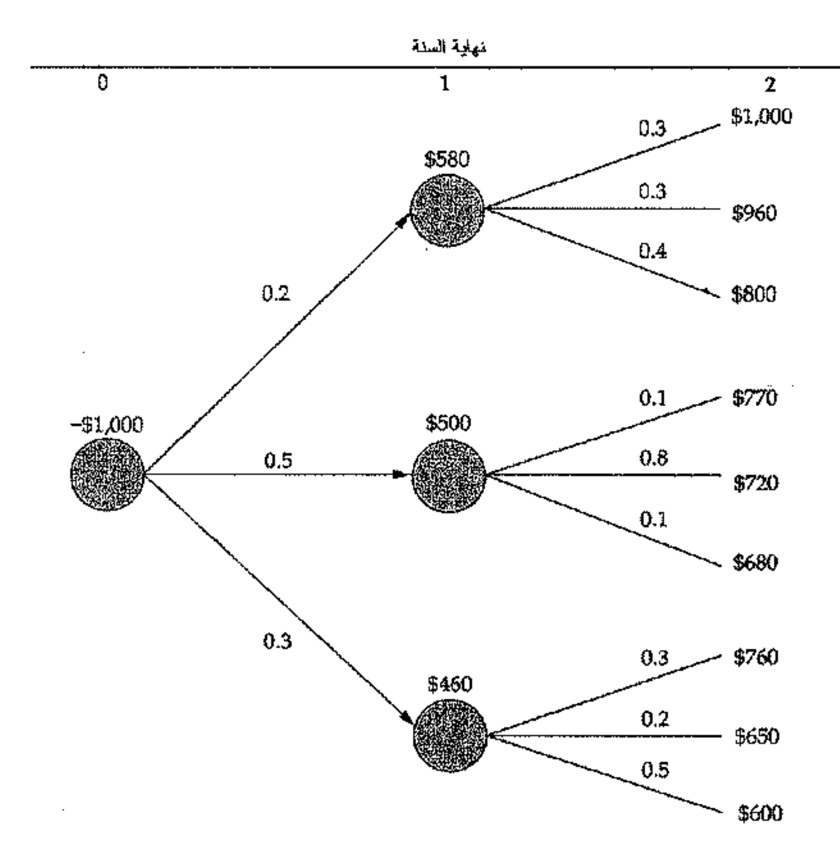
وتدل نتائج تحليل الاقتصاد الهندسي على أن المشروع مثير للتساؤل. فالقيمة المتوقعة للقيمة الحالية E(PW) للمشروع موجبة وتساوي ($9,984) إلا أنها قيمة صغيرة مقارنة بالاستثمار الرأسمالي الكبير في المشروع. وأيضاً، حتـــى مـــع كون احتمال PW أكبر مـــن الصفر هو أمر مفضل، فإن قيمة الانحراف المعياري SD(PW) كبيرة [وهي أكبر بمرتين من القيمة المتوقعة للقيمة الحالية E(PW)].

1.3.13 أشجار الاحتمالات

يحدث التوزيع المتقطع للتدفقات النقدية أحياناً في كل مدة. ويفيد مخطط شجرة الاحتمال في وصف التدفقات النقدية المتوقعة، واحتمال حدوث كل قيمة، لهذه الحالة. ويبين المثال 13-5 مسألة من هذا النوع.

مثال 13-5

يمكن وصف التدفقات النقدية الخاضعة لعدم التأكد لمشروع تحسين صغير باستخدام مخطط شجرة الاحتمال الوارد في (الشكل 1.13) (لاحظ أن مجموع الاحتمالات المنطلقة من كل عقدة يساوي الواحد). تبلغ مدة التحليل سنتين، ومعدل العائد المقبول الأدنـــى MARR يساوي 12% سنوياً. استناداً إلى هذه المعلومات، (أ) ما هي قيم E(PW)، وV(PW)، وSD(PW) للمشروع، (ب) ما هو احتمال أن تكون القيمة الحالية أصغر أو تساوي الصفر، و(ج) ما هي نتائج التحليل التـــي تفضل المشروع وما هي النتائج التـــي تؤدي إلى عدم تفضيله؟



الشكل 1.13: مخطط شجرة الاحتمالات للمثال 13-5

الحل

(أ) يبين (الجدول 6.13) الحسابات الخاصة بكلٍ من $E(\text{PW})$ و$E[(\text{PW})^2]$. ويتضمن العمود 2، PW_j، وهي القيمة الحالية للفرع j في مخطط الشجرة. ويظهر احتمال حدوث أي فرع، $p(j)$، في العمود 3. فمثلاً، بالتقدم من العقدة اليمنى لكل تدفق نقدي في (الشكل 1.13) إلى العقدة اليسرى، نجد $p(1) = (0.3)(0.2) = 0.06$ و$p(9) = (0.5)(0.3) = 0.15$.

ويكون،

$$E(\text{PW}) = \sum_j (PW_j)\, p(j) = \$39.56$$

وأيضاً

$$V(PW) = E[(PW)^2] - [E(PW)]^2$$
$$= 15{,}277 - (\$39.56)^2$$
$$= 13{,}662(\$)^2$$

وكذلك

$$\text{SD(PW)} = [V(\text{PW})]^{1/2} = (13{,}662)^{1/2} = \$116.88$$

الجدول 6.13: حساب E (PW) وE [(PW)^2] (مثال 5-13)

j	(1) التدفق النقدي الصافي، نهاية السنة 0	1	2	(2) PW_j	(3) $p(j)$	(4) = (2)×(3) $E(\text{PW}_j)$	(5) = $(2)^2$ $(\text{PW}_j)^2$	(6) = (3)×(5) $E[(\text{PW}_j)^2]$
1	-$1,000	$580	$1,000	$315	0.06	$18.90	99,225$²	5,953$²
2	-1,000	580	960	283	0.06	16.99	80,089	4,805
3	-1,000	580	800	156	0.08	12.45	24,336	1,947
4	-1,000	500	770	60	0.05	3.04	3,600	180
5	-1,000	500	720	20	0.40	8.17	400	160
6	-1,000	500	680	-11	0.05	-0.57	121	6
7	-1,000	460	760	17	0.09	1.49	289	26
8	-1,000	460	650	-71	0.06	-4.27	5,044	302
9	-1,000	460	600	-111	0.15	-16.64	12,321	1,848
						E(PW) = $39.56		E[(PW)^2] = 15,227$²

(ب) استناداً إلى القيم الواردة في العمود 2، PW_j، والعمود 3، $p(j)$، نجد

$$\Pr\{\text{PW} \le 0\} = p(6) + p(8) + p(9)$$
$$= 0.05 + 0.06 + 0.15$$
$$= 0.26$$

(ج) نتائج التحليل التي تفضل قبول المشروع الذي يحقق قيمة التوقع $E(\text{PW}) = \$39.56$، والذي هو أكبر من الصفر بمقدار صغير فقط، واحتمال تجاوز القيمة الحالية للصفر يساوي $\Pr\{\text{PW}>0\} = 1 - 0.26 = 0.74$. أما الانحراف المعياري $\text{SD(PW)} = \$116.92$ ويمثل تقريباً ثلاثة أمثال القيمة الحالية المتوقعة $E(\text{PW})$. ويدل ذلك على الاختلاف الكبير في مقياس الجدوى الاقتصادية، PW للمشروع، وهذا عادة دليل غير محبذ لقبول المشروع.

2.3.13 الناحية التطبيقية

تتمثل إحدى المشكلات الرئيسية في حساب القيم المتوقعة في تحديد الاحتمالات. وفي حالات عديدة، لا يكون هناك مشروع سابق للمشروع قيد الدراسة. لذلك، نادراً ما يمكن أن تستند الاحتمالات إلى بيانات تاريخية وأساليب إحصائية دقيقة. وفي معظم الحالات، على المحلل، أو الشخص الذي يقوم بصنع القرار، أن يصدر حكمه استناداً إلى المعلومات المتوفرة في تقدير الاحتمالات. وتؤدي هذه الحقيقة إلى تردد البعض في استخدام مفهوم القيمة المتوقعة، لأنهم لا يستطيعون رؤية قيمة تطبيق هذه التقنية في تحسين تقييم عدم التأكد عندما تُعَرض ذاتياً إلى حد بعيد.

ومع أن هذه المقولة لها قيمتها، فالحقيقة هي أن دراسات الاقتصاد الهندسي تتعامل مع الأحداث المستقبلية وأنها تحتاج إلى حجم كبير من التقدير. وأيضاً وحتى إذا كان من الممكن أن تستند الاحتمالات بدقة على الماضي، فمن النادر وجود أي تأكيد بأن المستقبل سيكرر الماضي. لذا، تُستخدم الطرائق البنيوية لتقييم الاحتمالات الذاتية عادة في الحالات العملية[1]. وكذلك، حتى إذا كان علينا تقدير الاحتمالات، فإن كل عملية من هذا القبيل تتطلب منا التعبير عن عدم التأكد الكامن في جميع التقديرات التي تدخل في التحليل. هذا التفكير البنيوي يؤدي على الأغلب إلى نتائج أفضل من إهمال التفكير في هذه المسائل أو التفكير القليل بها.

4.13 تقييم المشروعات باستخدام المتغيرات العشوائية المستمرة

ناقشنا في الفقرة 13-1 استخدام تباين المتغير العشوائي، إضافة إلى قيمته المتوقعة، في صنع القرار. وبذلك نكون قد مثلنا عدم التأكد المرتبط بالبديل تمثيلاً أكثر واقعية. وقد توضّح ذلك في الأمثلة 13-1، و13-4، و13-5، حيث مثلنا عامل العائد وعامل التكلفة وعمر لمشروع بمتغيرات عشوائية متقطعة. في كل من هذه الأمثلة، جرى تحديد القيمة المتوقعة والتباين للقيمة المكافئة للمشروع واستخدامها في التقييم. كما جرى في المثالين الأخيرين حساب احتمال أن تكون القيمة الحالية PW أكبر أو أقل من الصفر.

في هذه الفقرة، سنستمر في الحساب الرياضي للقيم المتوقعة والتباين لعوامل الاحتمالات، ولكننا سنمثل عوامل الاحتمالات المختارة باستخدام متغيرات عشوائية مستمرة. وسنضع في كل مثال، الافتراضات التسهيلية المتعلقة بتوزيع المتغير العشوائي والعلاقة الإحصائية بين القيم التي يأخذها. وعندما تكون الحالة أكثر تعقيداً، كما في حالة المسائل التي تتضمن التدفقات النقدية الاحتمالية أو أعمار المشروع الاحتمالية، يستخدم عادة الأسلوب العام الثاني الذي يستخدم محاكاة مونتي كارلو Monte Carlo. وهو موضوع الفقرة 13-5.

تُستخدم عادة فرضيتان تتعلقان بدفعات التدفق النقدي غير المؤكدة وهما: أنها تتوزع وفق التوزيع الطبيعي[2] وأنها مستقلة إحصائياً. ووفق هذه الفرضيات توجد خصائص عامة لعدد من التدفقات النقدية وهي أنها تنتج من عدد من العوامل المختلفة والمستقلة.

---

[1] لمعلومات إضافية، انظر:

W. G. Sullivan and W. W. Claycombe, *Fundamentals of Forecasting* (Reston, VA: Reston Publishing Co., 1977), Chapter 6.
أساسيات التوقع

[2] هذا التوزيع التكراري لتابع الاحتمال المستمر يمكن مناقشته في أي كتاب إحصاء جيد، مثل:

R. E. Walpole and R. H. Myers, *Probability and Statistics for Engineers and Scientists* (New York: Macmillan Publishing Co., 1989), pp. 139-154. الاحتمال والإحصاء للمهندسين والعلميين

تتمثل فائدة استخدام الاستقلال الإحصائي كفرضية تبسيطية، عندما يكون ذلك مناسباً، في فرض عدم وجود أية علاقة بين مبالغ التدفق النقدي (مثل، مبالغ التدفق النقدي السنوي الصافي للبديل). ويتبع ذلك، أنه إذا كان لدينا تركيب خطي لمبلغين أو أكثر مستقلين من التدفق النقدي، فإن القيمة الحالية $PW = c_0 F_0 + ... + c_N F_N$ حيث إن قيم c_k هي عوامل وأن قيم F_k هي التدفقات النقدية الصافية الدورية، وبذلك يمكن كتابة عبارة تباين القيمة الحالية $V(PW)$ بالاستناد إلى المعادلة (13-10)، بالشكل

$$V(\mathrm{PW}) = \sum_{k=0}^{N} c_k^2 V(F_k) \tag{13.13}$$

واستناداً إلى المعادلة (13-9)، نحصل على

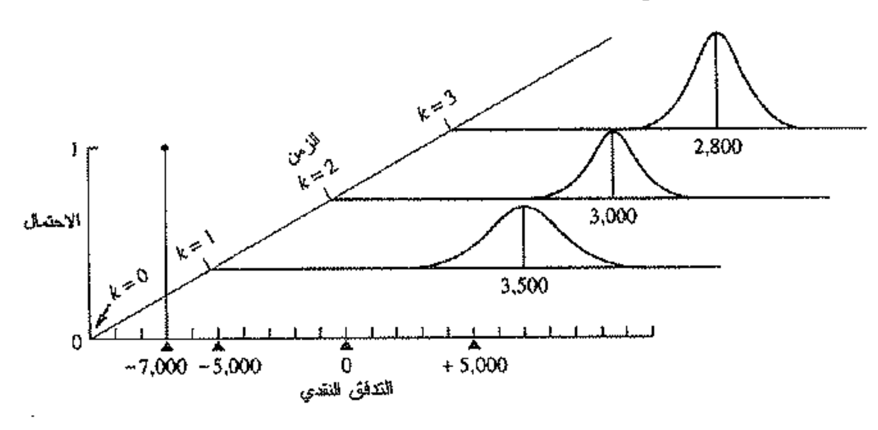
$$E(\mathrm{PW}) = \sum_{k=0}^{N} c_k E(F_k) \tag{14.13}$$

مثال 13-6

لتقديرات التدفق النقدي السنوية التالية، أوجد E(PW)، وV(PW)، وSD(PW) للمشروع. وذلك بافتراض أن مبالغ التدفق النقدي السنوية الصافية موزعة طبيعياً وحيث تعطى القيم المتوقعة والانحرافات المعيارية وهي مستقلة إحصائياً، ويساوي معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR = %15 سنوياً.

نهاية السنة، k	القيمة المتوقعة للتدفق النقدي الصافي، F_k	الانحراف المعياري للتدفق النقدي الصافي، F_k
0	-$7,000	0
1	3,500	$600
2	3,000	500
3	2,800	400

ويبين (الشكل 2.13) التمثيل البيانـــي للتوزيعات الطبيعية لهذه التدفقات النقدية.



الشكل 2.13: التدفقات النقدية الاحتمالية عبر الزمن (مثال 13-6)

الحل

فيما يلي حساب القيمة الحالية المتوقعة PW، استناداً إلى المعادلة (13-14) وحيث $E(F_k)$ هي التدفق النقدي الصافي المتوقع في السنة k، وحيث $(0 \leq k \leq N)$ وc_k عامل القيمة الحالية PW لدفعة واحدة $(P/F, 15\%, k)$:

$$E(PW) = \sum_{k=0}^{3}(P/F, 15\%, k)E(F_k)$$
$$= -\$7{,}000 + \$3{,}500(P/F, 15\%, 1) + \$3{,}000\ (P/F, 15\%, 2)$$
$$+ \$2{,}800\ (P/F, 15\%, 3)$$
$$= \$153$$

ولتحديد V(PW)، نستخدم العلاقة في المعادلة (13-13). فيكون،

$$V(\text{PW}) = \sum_{k=0}^{3}(P/F, 15\%, k)^2 V(F_k)$$
$$= 0^2 1^2 + 600^2 (P/F, 15\%, 1)^2 + 500^2 (P/F, 15\%, 2)^2$$
$$+ 400^2 (P/F, 15\%, 3)^2$$
$$= 484{,}324\$^2$$

و

$$\text{SD(PW)} = [V(\text{PW})]^{1/2} = \$696$$

وعندما يمكننا افتراض أن متغيراً عشوائياً كالقيمة الحالية PW للتدفق النقدي للمشروع يتوزع توزعاً طبيعياً مع متوسط يساوي E(PW)، وتباين V(PW)، يمكننا حساب احتمال الأحداث المتعلقة بهذا المتغير العشوائي. ويمكن صنع هذه الفرضية، مثلاً، عندما تكون لدينا بعض المعرفة عن شكل توزيع المتغير العشوائي، وعندما يكون من المناسب فعل ذلك. ويمكن دعم هذه الفرضية أيضاً عندما يكون المتغير العشوائي، مثل القيمة الحالية PW للمشروع، عبارة عن تركيب خطي من متغيرات عشوائية مستقلة أخرى (مثل، مبالغ التدفق النقدي، F_k)، وذلك بقطع النظر عن معرفة شكل التوزيع (أو التوزيعات) الاحتمالي لهذه المتغيرات[3].

مثال 13-7

بالعودة إلى المثال 13-6، ما هو احتمال أن يكون معدل العائد الداخلي IRR لتقديرات التدفق النقدي أقل من معـــدل العائد المقبول الأدنـــى MARR، أي Pr{IRR < MARR}? بافتراض أن القيمة الحالية PW للمشروع تخضع لتوزيع طبيعي للمتغير العشوائي، وحيث إن متوسطه وتباينه يساوي القيم المحسوبة في المثال 13-6.

الحل

فيما يتعلق بتابع القيمة الحالية PW(i) الذي يأخذ قيمة واحدة لمعدل العائد الداخلي IRR، فإن احتمال أن يكون معدل العائد الداخلي IRR أقل من معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR هو نفسه احتمال أن يكون PW أقل من الصفر. وبذلك، وباستخدام التوزيع الطبيعي المعياري في الملحق هـــ، يمكننا تحديد احتمال أن تكون القيمة الحالية PW

[3] الأساس النظري لهذه الفرضية هو نظرية الحد الوسطي Central Limit Theorem في الإحصاء. وللحصول على مناقشة مختصرة لدعم هذه الفرضية تحت ظروف مختلفة، انظر:

C. S. Park and G. P. Sharpe-Bette, *Advanced Engineering Economics* (New York: John Wiley & Sons, 1990), pp. 420-421. الاقتصاديات الهندسية المتقدمة.

أقل من الصفر[4]:

$$Z = \frac{\text{PW} - E(\text{PW})}{\text{SD}(\text{PW})} = \frac{0-153}{696} = -0.22$$

$$\Pr\{\text{PW} \le 0\} = \Pr\{Z \le 0.22\}$$

ومن الملحق هـ، نجد أن $\Pr\{Z \le -0.22\} = 0.4129$.

مثال 8-13

يبين الجدول الآتي البيانات التقديرية للتدفق النقدي لمشروع باستخدام مدة دراسة تبلغ خمس سنوات. كل مبلغ تدفق نقدي سنوي صافٍ، F_k، هو تركيب خطي من متغيرين عشوائيين مستقلين، X_k وY_k، حيث X_k عامل العائد (الإيراد) وY_k عامل التكلفة. ومبالغ التدفق النقدي X_k مستقلة إحصائياً كل منها عن الأخرى، وينطبق ذلك على مبالغ Y_k كل من X_k وY_k متغير عشوائي مستمر، إلا أن شكل التوزيعات الاحتمالية لها غير معروف. معدل العائد المقبول الأدنى في السنة MARR = 20%. استناداً إلى هذه المعلومات، (أ) ما هي قيم E(PW)، وV(PW)، وSD(PW) للتدفقات النقدية للمشروع. (ب) ما هو احتمال أن تكون القيمة الحالية PW، أقل من الصفر، أي $\Pr\{\text{PW} \le 0\}$، وأن يكون المشروع مقبولاً (جذاباً) اقتصادياً؟

نهاية السنة، k	التدفق النقدي الصافي	القيمة المتوقعة		الانحراف المعياري	
	$F_k = a_k X_k - b_k Y_k$	X_k	Y_k	X_k	Y_k
0	$F_0 = X_0 + Y_0$	$0	-$100,000	$0	$10,000
1	$F_1 = X_1 + Y_1$	60,000	-20,000	4,500	2,000
2	$F_2 = X_2 + 2Y_2$	65,000	-15,000	8,000	1,200
3	$F_3 = 2X_3 + 3Y_3$	40,000	-9,000	3,000	1,000
4	$F_4 = X_4 + 2Y_4$	70,000	-20,000	4,000	2,000
5	$F_5 = 2X_5 + 2Y_5$	55,000	-18,000	4,000	2,300

الحل

(أ) يبين (الجدول 7.13) حساب قيم $E(\text{F}_k)$، و$V(\text{F}_k)$ للتدفقات النقدية السنوية الصافية للمشروع. ويتم حساب E(PW) باستخدام المعادلة (13-14) كما يلي:

الجدول 7.13: حساب E(Fk) وV(Fk) (المثال 8-13)

نهاية السنة k	F_k	$E(F_k) = a_k E(X_k) + b_k E(Y_k)$	$V(F_k) = a_k^2 V(X_k) + b_k^2 V(Y_k)$
0	F_0	$0 - $100,000 = -$100,000	$0 + (1)^2(10{,}000)^2 = 100.0 \times 10^6\ \$^2$
1	F_1	60,000 – 20,000 = 40,000	$(4{,}500)^2 + (1)^2(2{,}000)^2 = 24.25 \times 10^6$
2	F_2	65,000 – 2(15,000) = 35,000	$(8{,}000)^2 + (2)^2(1{,}200)^2 = 69.76 \times 10^6$
3	F_3	2(40,000) – 3(9,000) = 53,000	$(2)^2(3{,}000)^2 + (3)^2(1{,}000)^2 = 45.0 \times 10^6$
4	F_4	70,000 – 2(20,000) = 30,000	$(4{,}000)^2 + (2)^2(2{,}000)^2 = 32.0 \times 10^6$
5	F_5	2(55,000) – 2(18,000) = 74,000	$(2)^2(4{,}000)^2 + (2)^2(2{,}300)^2 = 85.16 \times 10^6$

[4] المتغير العشوائي، X، يتوزع طبيعياً مع متوسط μ وانحراف معياري σ وفق المعادلة التالية:

$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\left[\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]\right\}$$

التوزيع الطبيعي المعياري، $f(Z)$، للمتغير $Z = (X-\mu)/\sigma$ له متوسط يساوي 0 وانحراف معياري يساوي 1.

$$E(\text{PW}) = \sum_{k=0}^{5} (P/F, 20\%, k) E(F_k)$$
$$= -\$100,000 + \$40,000(P/F, 20\%, 1) + \cdots$$
$$+ \$74,000(P/F, 20\%, 5)$$
$$= \$32,517$$

بعد ذلك يُحسب التباين V(PW) باستخدام المعادلة (13-13) كما يلي:

$$V(\text{PW}) = \sum_{k=0}^{5} (P/F, 20\%, k)^2 V(F_k)$$
$$= 100.0 \times 10^6 + (24.25 \times 10^6)\,(P/F, 20\%, 1)^2 + \cdots$$
$$+ (85.16 \times 10^6)\,(P/F, 20\%, 5)^2$$
$$= 186.75 \times 10^6 (\$)^2$$

وأخيراً،

$$\text{SD(PW)} = [V(\text{PW})]^{1/2}$$
$$= \left[186.75 \times 10^6\right]^{1/2}$$
$$= \$13,666$$

(ب) القيمة الحالية للتدفق النقدي الصافي للمشروع هي تركيب خطي لمبالغ التدفق النقدي الصافي السنوية، F_k، والتي هي متغيرات عشوائية مستقلة. وكل من هذه المتغيرات العشوائية، هي بدورها، تركيب خطي من المتغيرات العشوائية المستقلة X_k وY_k. ويمكننا أيضاً أن نلاحظ في (الجدول 7.13) أن حساب تباين القيمة الحالية V(PW) لم يتضمن أية قيمة مهيمنة (سائدة dominant) $V(F_k)$. ولذلك، لدينا أساس معقول يمكننا به افتراض أن القيمة الحالية PW للتدفق النقدي الصافي للمشروع تتوزع تقريباً توزعاً طبيعياً، مع E(PW) = \$32,517 وSD(PW) = \$13,666.

وبالاستناد إلى هذه الفرضية، نجد

$$Z = \frac{\text{PW} - E(\text{PW})}{\text{SD(PW)}} = \frac{0 - \$32,517}{\$13,666} = -2.3794$$
$$\Pr\{\text{PW} \le 0\} = \Pr\{Z \le -2.3794\}$$

من الملحق هـ، نجد أن $\Pr\{Z \le -2.3794\} = 0.0087$. لذا، فإن احتمال الخسارة في هذا المشروع مهمل. استناداً إلى هذه النتيجة، $E(\text{PW}) > 0$، و$\text{SD(PW)} = 0.42[E(\text{PW})]$؛ فالمشروع جذاب اقتصادياً وهناك مخاطرة قليلة في فشل المشروع في إضافة قيمة للشركة.

5.13 تقييم عدم التأكد باستخدام محاكاة مونتي كارلو[4]

أدى التطور الحديث في الكمبيوتر (الحاسوب) والبرمجيات المرتبطة به إلى زيادة استخدام محاكاة مونتي كارلو كأداة

---

[4] أخذت من:

W. G. Sullivan and R. Gordon Orr, "Monte Carlo Simulation Analyzes Alternatives in Uncertain Economy," *Industrial Engineering* vol. 14, no. 11, november 1982.

أعيدت طباعتها بإذن من مجلة

Industrial Engineering. Copyright Institute of Industrial Engineers, Inc., 25 Technology Park/Atlanta, Norcross,

هامة لتحليل عدم التأكد في المشروعات. وتولد محاكاة مونتـــي كارلو للمسائل المعقدة نتائج عشوائية للعوامل الاحتمالية وذلك لمحاكاة (تقليد) العشوائية الكامنة في المسألة الأصلية. وبهذا الأسلوب، يمكن استنتاج حل المسائل المعقدة نسبياً من معرفة سلوك هذه النتائج العشوائية.

لإنجاز تحليل مونتـــي كارلو، فإن الخطوة الأولى هي في بناء النموذج التحليلي الذي يمثل حالة القرار الحقيقية. وهذا الأمر يمكن أن يكون بسيطاً كما هو الحال في بناء معادلة القيمة الحالية PW لروبوت صناعي مقترح في خط إنتاج، أو معقداً كاختبار التأثيرات الاقتصادية للأنظمة البيئية المقترحة لعمليات تكرير النفط. الخطوة الثانية هي تطوير توزيع احتمالي من بيانات ذاتية أو تاريخية لكل عامل غير مؤكد في النموذج. تولّد نتائج العينة عشوائياً باستخدام التوزيع الاحتمالي لكل مقدار غير مؤكد ثم تُستخدم لتحديد نتيجة تجريبية *(محاولة) trial* للنموذج. بإعادة عملية النمذجة Sampling هذه عدداً كبيراً من المرات نتوصل إلى توزيع تكراري للنتائج التجريبية للمقياس (المؤشر) المطلوب للجدوى، مثل PW، أو AW. ويمكن أن يستخدم توزيع التكرار الناجم بعد ذلك لبناء استنتاجات احتمالية للمسألة الأصلية.

لتوضيح أسلوب محاكاة مونتـــي كارلو، قُدِّر التوزيع الاحتمالي للعمر المجدي لقطعة من آلة في (الجدول 8.13). ويمكن محاكاة العمر المجدي بإعطاء أرقام عشوائية لكل قيمة بحيث تكون متناسبة مع الاحتمالات المرتبطة بها. (نختار العدد العشوائي بحيث يكون لكل عدد احتمال متساوٍ في الحدوث). بسبب أن الاحتمالات الواردة في (الجدول 8.13) هي بخانتين عشريتين، يمكن تخصيص الأعداد العشوائية لكل نتيجة، كما في (الجدول 9.13). وبعد ذلك، نحاكي كل نتيجة باختيار عدد عشوائي من جدول الأعداد العشوائية[5]. فمثلاً، إذا وقع أي رقم عشوائي بين أو ضمن 00 و19، يكون العمر المجدي ثلاث سنوات. وكمثال آخر، يدل العدد العشوائي 74 على عمر يبلغ 7 سنوات.

الجدول 8.13: التوزيع الاحتمالي للعمر المجدي

عدد السنوات، N		$p(N)$	
3	قيم ممكنة	0.20	$\Sigma p(N) = 1.00$
5		0.40	
7		0.25	
10		0.15	

الجدول 9.13: تخصيص الأرقام العشوائية

عدد السنوات، N	الأعداد العشوائية
3	00-19
5	20-59
7	60-84
10	85-99

إذا كان التوزيع الاحتمالي الذي يمثل المتغير العشوائي *طبيعياً*، نتبع طريقة مختلفة قليلاً. حيث تستند النتائج الخاضعة للمحاكاة هنا إلى المتوسط والانحراف المعياري للتوزيع الاحتمالي وعلى الانحراف الطبيعي العشوائي، والذي هو عدد

---

[5] الخانتان الأخيرتان من أرقام الهواتف المختارة عشوائياً من مفكرة الهاتف تكون عادة قريبة جداً لتكون أعداداً عشوائية.

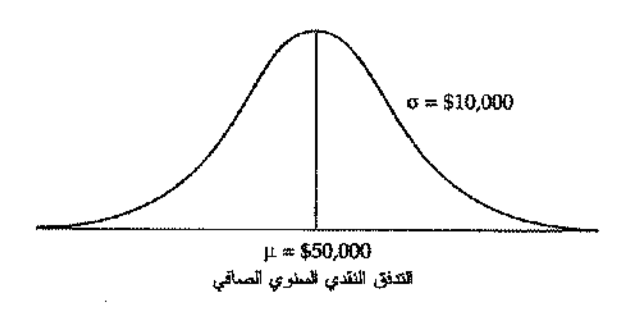
عشوائي للانحرافات المعيارية فوق أو تحت متوسط التوزيع الطبيعي المعياري. ويبين (الجدول 10.13) نموذجاً لقائمة مختصرة من الانحرافات الطبيعية العشوائية. ويكون ناتج المحاكاة للمتغيرات العشوائية الموزعة طبيعياً، بالاستناد إلى المعادلة (15-13):

القيمة الناتجة = المتوسط + [الانحراف الطبيعي العشوائي × الانحراف المعياري]   (15.13)

الجدول 10.13: الانحرافات الطبيعية العشوائية (RNDs)

-1.565	0.690	-1.724	0.090
0.062	-0.072	0.778	0.240
0.183	-1.012	-0.844	-0.448
-0.506	2.105	0.983	0.295
1.613	-0.225	0.111	-0.292

فمثلاً، نفترض أن التدفق النقدي الصافي *السنوي* يخضع لتوزيع طبيعي، بمتوسط $50,000، وانحراف معياري $10,000، كما يبين (الشكل 13.13).



الشكل 13.13: تدفق نقدي سنوي خاضع لتوزيع طبيعي

وتظهر التدفقات النقدية التي جرت محاكاتها لمدة خمس سنوات في (الجدول 11.13). لاحظ أن التدفق النقدي الصافي السنوي الوسطي هو 5 / $248,850، وهو يساوي $49,770. وهذا يقترب من المتوسط المعروف البالغ $50,000 بخطأ 0.46%.

الجدول 11.13: مثال على استخدام RNDs

السنة	*RND*	التدفق النقدي السنوي الصافي [$50,000 + RND($10,000)]
1	0.090	$50,900
2	0.240	52,400
3	-0.448	45,520
4	0.295	52,950
5	-0.292	47,080

إذا كان التوزيع الاحتمالي الذي يصف الحدث العشوائي *منتظماً* ***uniform*** ومستمراً، مع قيمة دنيا هي A وقيمة عليا B، فينبغي اتباع أسلوب آخر لتحديد النتيجة الخاضعة للمحاكاة. وهنا يمكن حساب نتيجة المحاكاة بهذه الصيغة

$$\text{نتيجة المحاكاة} = A+\frac{RN}{RN_m}[B-A] \qquad (16.13)$$

حيث RN_m هو العدد العشوائي الأقصى الممكن (9 في حالة استخدام الخانة الواحدة، 99 في حالة استخدام خانتين، إلخ) وRN هو العدد العشوائي المختار فعلاً. وينبغي استخدام هذه المعادلة عندما تكون النتيجة الدنيا، A، والنتيجة القصوى، B، معلومتين.

ومثلاً، بافتراض أن القيمة السوقية في السنة N تتوزع بانتظام وبصفة مستمرة بين القيمتين $8,000 و$12,000، فإن قيمة هذا المتغير العشوائي يمكن توليدها بالعدد العشوائي 74 كما يلي:

$$\text{نتيجة المحاكاة} = \$8,000+\frac{74}{99}(\$12,000-\$8,000)=\$10,990$$

يؤدي الاستخدام الملائم لهذه الأساليب، مع استخدام النموذج الدقيق، إلى نتيجة مقاربة للنتيجة الحقيقية. ولكن ما هو عدد المحاولات اللازم إجراؤها للمحاكاة للحصول على تقريب دقيق، للنتيجة الوسطية على سبيل المثال؟ للإجابة على هذا التساؤل يمكن القول بوجه عام، إنه كلما زاد عدد المحاولات، حصلنا على تقريب أكثر دقة للمتوسط وللانحراف المعياري. إحدى طرائق تحديد كون عدد المحاولات كافياً هي في الحفاظ على قيمة وسطية للنتائج. وتتغير هذه القيمة الوسطية في البداية تغيراً ملحوظاً من محاولة لأخرى، ويتناقص حجم التغير بين القيم الوسطية المتتابعة مع زيادة عدد محاولات المحاكاة. وفي آخر الأمر يتوقف هذا الوسطي التراكمي عند التقريب الدقيق.

مثال 13-9

يمكن أيضاً لمحاكاة مونتي كارلو أن تبسط تحليل المسائل الأكثر تعقيداً. تعود التقديرات التالية لمشروع هندسي دُرس من قبل مصنّع ضخم لمعدات تكييف الهواء. وقُدِّرت التوابع الاحتمالية الذاتية للعوامل الأربعة المستقلة غير المؤكدة كما يلي:

الاستثمار الرأسمالي: يتوزع طبيعياً بمتوسط $50,000 وانحراف معياري $10,000.

العمر المجدي: يتوزع توزعاً منتظماً ومستمراً مع عمر أدنى 10 سنوات وعمر أقصى 14 سنة.

العائد السنوي:

$35,000 باحتمال 0.4

$40,000 باحتمال 0.5

$45,000 باحتمال 0.1

النفقات السنوية: تتوزع طبيعياً، بمتوسط $30,000 وانحراف معياري $2,000.

وترغب إدارة هذه الشركة في تحديد: هل الاستثمار الرأسمالي في هذا المشروع هو استثمار مربح؟ يبلغ معدل الفائدة 10% سنوياً. وللإجابة على هذا السؤال، يطلب محاكاة القيمة الحالية PW للمشروع.

الحل

لتوضيح أسلوب محاكاة مونتي كارلو، أُجريتْ خمس محاولات للنتائج حُسبت يدوياً وتظهر في (الجدول 12.13). ونتيجة لذلك توصلنا إلى تقدير القيمة الحالية الوسطية استناداً إلى عينة صغيرة جداً وتساوي $19,010 / 5 = $3.082. وللحصول على نتائج أكثر دقة، يحتاج الأمر إلى مئات وحتى آلاف المحاولات.

هناك تطبيقات متعددة ومختلفة لمحاكاة مونتـــي كارلو لتقصّي عدم التأكد. وينبغي تذكّر أن النتائج لا يمكن أن تكون أكثر دقة من النموذج ومن تقديرات الاحتمالات المستخدمة. وفي جميع الحالات، يبقى الأسلوب والقواعد هي نفسها: الدراسة المتأنية للمسألة وتطوير النموذج؛ والتقييم الدقيق للاحتمالات المتضمنة؛ والتخصيص الصحيح للأعداد العشوائية للنتائج التـــي يتطلبها أسلوب محاكاة مونتـــي كارلو؛ وحساب وتحليل هذه النتائج. كما أنه ينبغي إجراء العدد الكافي من محاولات مونتـــي كارلو وذلك لتخفيض خطأ التقدير إلى مستوى مقبول.

الجدول 12.13: محاكاة مونتـــي كارلو للقيمة الحالية PW تتضمن أربعة عوامل مستقلة (مثال 13-9)

رقم المحاولة (التجربة)	الانحراف الطبيعي العشوائي (RND_1)	الاستثمار الرأسمالي، I [$50,000 + RND_1($10,000)]	RNs بثلاثة خانات	عمر المشروع، N [10 + (RN/999) (14 - 10)]	عمر المشروع، N أقرب رقم صحيح
1	– 1.003	$48,997	807	13.23	13
2	– 0.358	49,642	657	12.63	13
3	+ 1.294	51,294	488	11.95	12
4	– 0.019	49,981	282	11.13	11
5	+ 0.147	50,147	504	12.02	12

	عدد عشوائي من خانة واحدة	العائد السنوي، R $35,000 لـــ 0-3 40,000 لـــ 4-8 45,000 لـــ 9	RND_2	النفقات السنوية، E [$30,000+$RND_2$($2,000)]	PW = $-I$ + (R–E)(P/A,10%,N)
1	2	$35,000	– 0.036	$29,928	– $12,969
2	0	35,000	+ 0.605	31,210	– 22,720
3	4	40,000	+ 1.470	32,940	– 3,189
4	9	45,000	+ 1.864	33,728	+ 23,232
5	8	40,000	– 1.223	27,554	+ 34,656
				المجموع	+ $19,010

6.13 إنجاز محاكاة مونتـــي كارلو باستخدام الكمبيوتر

يظهر من الفقرة السابقة أن محاكاة مونتـــي كارلو للمشروع المعقد تتطلب عدة آلاف من المحاولات يمكن إنجازها فقط بمساعدة الكمبيوتر. ويمكن الحصول على عدد من برامج المحاكاة من شركات البرمجيات والجامعات. ولتوضيح الخصائص الحسابية والنتائج الناجمة عن استخدام برنامج محاكاة نموذجي، قُيِّم المثال 13-9 باستخدام برنامج كمبيوتر. (هذا وتبين الفقرة 13-8 مثال محاكاة مونتـــي كارلو باستخدام الجداول الإلكترونية). ويبين (الشكل 4.13) استعلامات الكمبيوتر وإجابات المستخدمين (في المربعات). كما يبين (الشكل 5.13) نتائج المحاكاة لـــ 3,160 محاولة. (هذا العدد من المحاولات كان مطلوباً للحصول على وسطي تراكمي للقيمة الحالية PW مستقر بتغير ± 0.5%).

```
THE FOLLOWING PROGRAM USES MONTE CARLO SIMULATION
TECHNIQUES AS APPLIED TO RISK ANALYSIS PROBLEMS OF
ENGINEERING ECONOMY.

WILL YOU BE USING A REMOTE PRINTER FOR OUTPUT ? (Y OR
N)  Y

INPUT A RANDOM NUMBER BETWEEN 1 AND 1000.  199

MAXIMUM NUMBER OF ITERATIONS YOU WISH TO RUN ?  1000

WHAT INTEREST RATE (PERCENT) IS TO BE USED ?  10

THE DATA FOR EACH RANDOM VARIABLE INVOLVED MAY BE
FORMULATED AS FOLLOWS:

1.      SINGLE VALUE OR ANNUITY
2.      SINGLE VALUE WITH UNIFORM GRADIENT
3.      SINGLE VALUE WITH GEOMETRIC GRADIENT
4.      DISCRETE DISTRIBUTION
5.      UNIFORM DISTRIBUTION
6.      NORMAL DISTRIBUTION
7.      A SERIES OF YEARLY CASH FLOWS
8.      SALVAGE VALUE DEPENDENT ON PROJECT LIFE
9.      TRIANGULAR DISTRIBUTION

INFORMATION FOR INITIAL CASH FLOW:

    DISTRIBUTION IDENTIFICATION NUMBER =   6

    MEAN VALUE =   -50000

    STANDARD DEVIATION =   1000

INFORMATION FOR YEARLY CASH FLOW:

    THIS CASH FLOW MAY CONSIST OF A NUMBER OF
    DIFFERENT ELEMENTS WHICH MAY FOLLOW DIFFERENT
    DISTRIBUTIONS.
    PLEASE INPUT THE DATA ONE ELEMENT AT AS TIME AND
    YOU WILL BE PROMPTED FOR ADDITIONAL INFORMATION.
    DISTRIBUTION IDENTIFICATION NUMBER =   4

NUMBER OF VALUES =   3
```

(continued)

الشكل **4.13**: مثال على محاكاة مونتــي كارلو – استعلامات الكمبيوتر واستجابات المستخدم

القيمة الحالية PW الوسطية هي $7,759.60، وهي أكبر من $3,801 الناجمة من (الجدول 12.13) وهذا يبين أهمية إجراء العدد الكافي من محاولات المحاكاة لضمان الدقة المعقولة لتحليلات مونتــي كارلو.

ويدل الشكل البيانــي (الهستوجرام) في (الشكل 5.13) على أن *الوسط median* للقيمة الحالية PW لهذا الاستثمار يساوي $6,700 وأن هناك تشتتاً معقولاً لنتائج محاولة القيمة الحالية. ويمكن استخدام الانحراف المعياري لنتائج محاولات

المحاكاة لقياس هذا التشتت. واستناداً إلى (الشكل 5.13)، 59.5% من جميع النتائج محاولات المحاكاة لها قيمة حالية PW أكبر من الصفر أو تساويه. وبذلك فإن، هذا المشروع قد ينطوي على مخاطرة كبيرة للشركة لتنفيذه لأن الجانب السفلي لمخاطرة الفشل في تحقيق عائد سنوي على رأس المال المستثمر قدره 10% على الأقل، هو قرابة أربع فرص من عشرة. وربما ينبغي دراسة الاستثمار في مشروع آخر.

```
INPUT VALUES IN ASCENDING ORDER:

VALUE 1 =    35000
     WITH PROBABILITY    0.4

VALUE 2 =    4000
   WITH PROBABILITY    0.5

VALUE 3 =    45000
   WITH PROBABILITY    0.1

IS THERE ADDITIONAL ANNUAL CASH FLOW DATA? (Y OR N)    Y

DISTRIBUTION IDENTIFICATION NUMBER =    6

MEAN VALUE =    -30000

STANDARD DEVIATION =    2000

IS THERE ADDITIONAL ANNUAL CASH FLOW DATA? (Y OR N)    N

INFORMATION FOR SALVAGE VALUE:

DISTRIBUTION IDENTIFICATION NUMBER =    1

CASH VALUE =    0
INFORMATION FOR PROJECT LIFE:
   DISTRIBUTION IDENTIFICATION NUMBER =    5

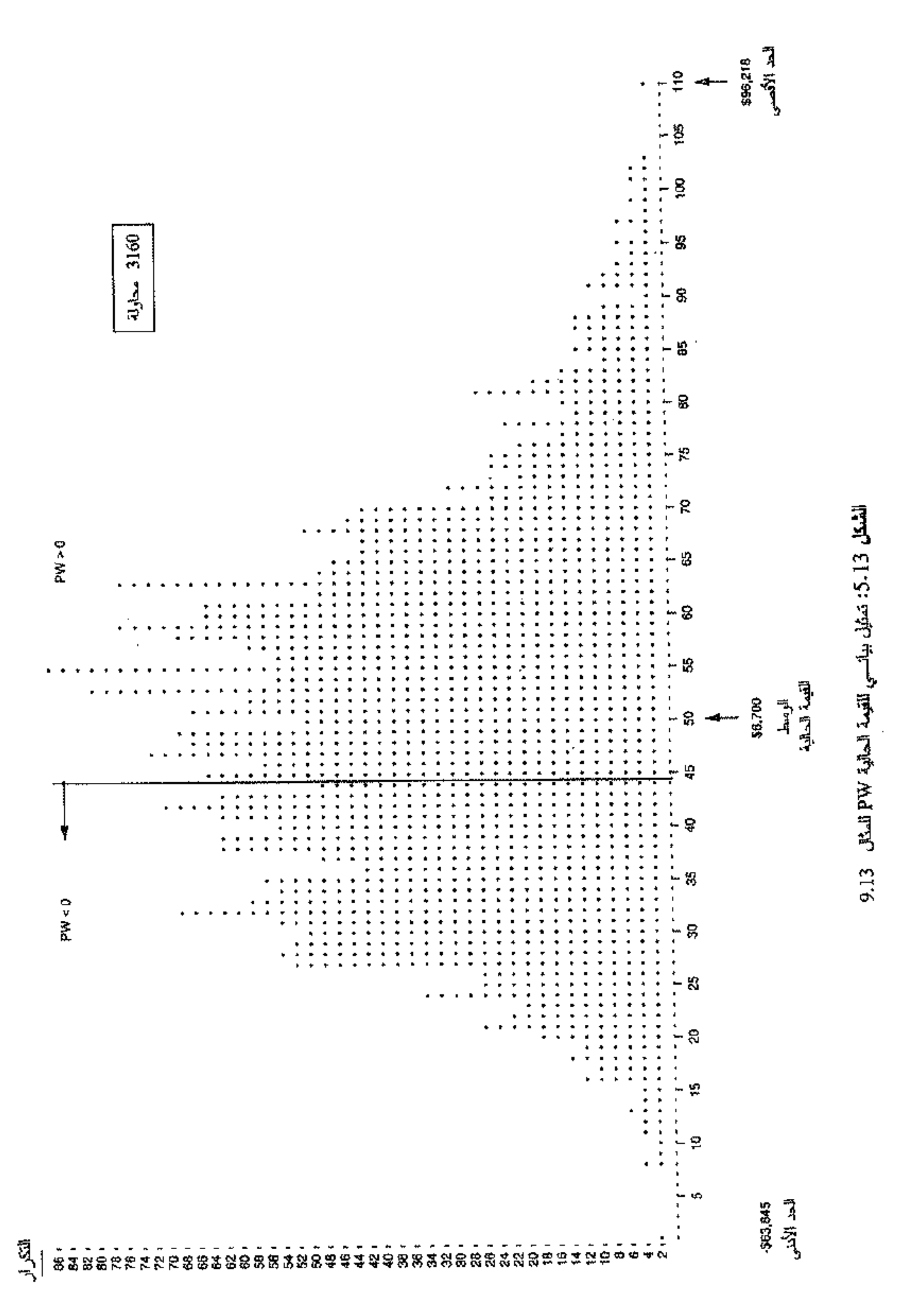
MINIMUM VALUE =    10

MAXIMUM VALUE =    14

EXPECTED VALUE OF PRESENT WORTH =                7759.60
VARIANCE OF PRESENT WORTH =               680623960.00
STANDARD DEVIATION OF PRESENT WORTH =         26088.77
PROBABILITY THAT PRESENT WORTH IS GREATER THAN
ZERO =                                           0.595

EXPECTED VALUE OF ANNUAL WORTH =                 1114.15
VARIANCE OF ANNUAL WORTH =                   14611587.00
STANDARD DEVIATION OF ANNUAL WORTH =             3822.51
PROBABILITY THAT ANNUAL WORTH IS GREATER THAN
ZERO =                                           0.595
```

الشكل 4.13: (تابع) مثال على محاكاة مونتـــي كارلو — استعلامات الكمبيوتر واستجابات المستخدم



الشكل 5.13: تمثيل بيانـــي للقيمة الحالية PW للمثال 9.13

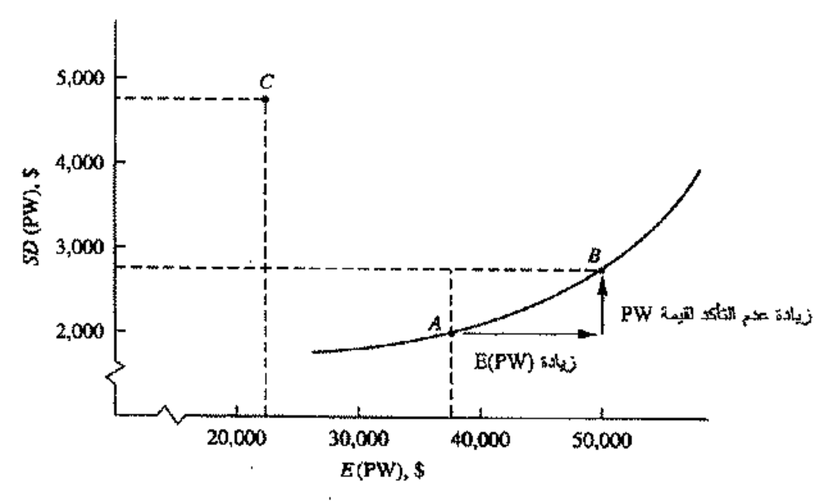
يتضمن التطبيق النموذجي للمحاكاة تحليل عدد من البدائل الاستبعادية. وفي هذا النوع من الدراسات، يظهر السؤال التالـــي: كيف يمكن مقارنة البدائل التـــي لها قيم متوقعة مختلفة وانحرافات معيارية مختلفة للقيم الحالية PW مثلاً؟ وتتمثل إحدى الطرائق في اختيار البديل الذي يقلل احتمال تحقيق قيمة حالية أقل من الصفر. وتتمثل إجابة أخرى شائعة على هذا

السؤال في استخدام شكل بيانـــي للقيم المتوقعة (كمقياس للعائد) حيث تُرسَم مقابل الانحراف المعياري (مؤشر المخاطرة) لكل بديل. ثم تحاول صنع تقييم ذاتـــي ومبادلات تنتج من اختيار أحد البدائل بدلاً من الآخر في مقارنات ثنائية .pairwise

الجدول 13.13: نتائج المحاكاة لثلاثة بدائل استبعادية

البديل	E(PW)	SD(PW)	E(PW) / SD(PW)
A	$37,382	$1,999	18.70
B	49,117	2,842	17.28
C	21,816	4,784	4.56

لتوضيح المفهوم الأخير، لنفترض أننا حلّلنا البدائل الثلاثة التـــي تنطوي على درجات مختلفة من عدم التأكد باستخدام محاكاة مونتـــي كارلو باستخدام الكمبيوتر، وأنه تم الحصول على النتائج التـــي تظهر في (الجدول 13.13) المرسومة في (الشكل 6.13)، حيث يتضح أن البديل C أدنـــى من البديلين A وB بسبب أن القيمة المتوقعة للقيمة الحالية له E(PW) هي الأقل بأكبر انحراف معياري. لذا فإن، C يقدم أصغر قيمة حالية PW وينطوي على أكبر قيمة مخاطرة مرتبطة بها! لسوء الحظ، اختيار B بدلاً من A ليس بهذا الوضوح، بسبب أن الزيادة في القيمة المتوقعة للقيمة الحالية PW للبديل B يمكن أن تتوازن بالزيادة في المخاطرة في البديل B. *وقد* تؤدي هذه المبادلة إلى تفضيل B أو *عدم تفضيله*، وذلك اعتماداً على موقف الإدارة من قبول عدم التأكد الإضافي المرتبط بالعائد المتوقع الأكبر. وتسلم المقارنة أيضاً بأن البديل A مقبول بالنسبة لصانع القرار. أحد الأساليب البسيطة للاختيار بين A وB هو بترتيب البدائل استناداً إلى نسب E(PW) إلى SD(PW). وفي هذه الحالة، يُختار البديل A لأنه يحظى بنسبة أعلى.



الشكل 6.13: الاختصار البيانـــي لنتائج المحاكاة باستخدام الكمبيوتر

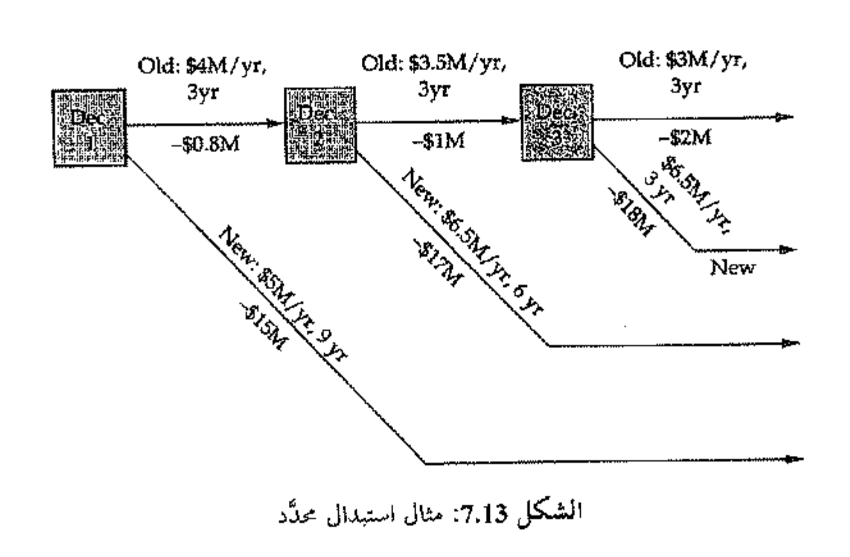
7.13 أشجار القرار[6]

أشجار القرار، وتدعى أيضاً *شبكات تدفق القرار ومخططات القرار*، هي وسائل فعالة لتصوير وتسهيل تحليل المسائل الهامة، خاصة التـــي تنطوي على قرارات متعاقبة ونتائج متغيرة عبر الزمن. وتستخدم أشجار القرار في الحالات العملية لأنها تجعل من الممكن تقسيم المسألة الضخمة، والمعقدة إلى سلسلة من المسائل البسيطة الصغيرة، وتمكن أيضاً من التحليل الموضوعي وصنع القرار الذي يتضمن اعتبارات صريحة للمخاطرة وتأثير المستقبل.

ويعد اسم *شجرة القرار* مناسباً، لأنها تظهر فروعاً لكل بديل ممكن للقرار المعطى وفروعاً لكل نتيجة ممكنة (حدث) يمكن أن تنتج من كل بديل. هذه الشبكات تقلل التفكير المختصر إلى نموذج بصري منطقي للسبب والأثر. وعندما تُوضَع التكاليف والمنافع على كل فرع وتُقدَّر الاحتمالات لكل نتيجة ممكنة، فيمكن لتحليل شبكة تدفق القرار أن يوضح الاختيارات والمخاطر.

1.7.13 مثال محدَّد

يحدث الشكل الأساسي الأعم (الأكثر انتشاراً) لشجرة القرار عندما يمكن افتراض أن كل بديل يؤدي إلى نتيجة واحدة – أي، افتراض التأكد. وتوضح ذلك مسألةُ الاستبدال (replacement) في (الشكل 7.13). وتؤثر المسألة – كما هو مبيَّن – في قرار وجوب إبدال المدافع (الآلة القديمة) بآلة جديدة (المتحدي) وهذا القرار لا يكون لمرة واحدة، ولكنه قرار يحدث دورياً. أي إنه إذا ما اتُّخذ القرار بالاحتفاظ بالآلة القديمة في نقطة القرار 1، فبعد ذلك، ينبغي في نقطة القرار 2 القيام بالاختيار من جديد. وبالمثل، تُختار الآلة القديمة في نقطة القرار 2، وبعد ذلك ينبغي اتخاذ القرار في نقطة القرار 3. التدفق النقدي الموجب (الدخل) ومدة المشروع لكل بديل موضّح فوق السهم على حين ترد قيمة الاستثمار الرأسمالي تحت السهم.



الشكل 7.13: مثال استبدال محدَّد

[6] أخذت (باستثناء الفقرة 13-7-3) من

John R. Canada and William G. Sullivan, *Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems*, 1989, pp. 341-343. التقييم الاقتصادي متعدد الخصائص للنظم التصنيع المتقدمة

أعيدت طباعته بإذن من Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

أما السؤال المبدئي لهذه المسألة فهو: أي البدائل ينبغي اختياره في نقطة القرار 1. ولكن لصنع القرار الحصيف في نقطة القرار 1 يجب الأخذ في الحسبان البديل الآخر والقرارات الناجمة عنه. وبذلك، يتمثل الأسلوب الصحيح في تحليل هذا النوع من المسائل في البدء في نقطة القرار الأكثر بعداً، وتحديد البديل الأفضل والنتيجة الكمية الناجمة لذلك البديل. ثم العودة إلى كل نقطة قرار سابقة، وإعادة هذا الأسلوب حتـــى يتم أخيراً تحديد نقطة القرار الأولية أو الحالية. وبالاستفادة من هذا القرار، يمكن صنع القرار الحالي الذي يأخذ مباشرة في الحسبان البدائل والقرارات المتوقعة في المستقبل.

لأجل التبسيط في هذا المثال، يُهمل أولاً توقيت النتائج المالية، وهذا يعنـــي أن للنقود نفس القيمة بقطع النظر عن السنة التـــي تحدث بها. يبين (الجدول 14.13) الحسابات اللازمة والقرارات باستخدام مدة دراسة تساوي تسع سنوات. لاحظ أن النتيجة المالية للبديل الأفضل في نقطة القرار 3 ($7.0 ملايين *للقديم*) تصبح جزءاً من نتيجة البديل القديم في نقطة القرار 2. وبالمثل فإن، البديل الأفضل في نقطة القرار 2 ($22.0 مليون *للجديد*) يصبح جزءاً من النتيجة للبديل المدافع في نقطة القرار 1.

تبين الحسابات في (الجدول 14.13) أن الإجابة هي الاحتفاظ بالبديل القديم الآن والتخطيط لإبداله بآخر جديد في نهاية السنوات الثلاث (في نقطة القرار 2). إلا أن هذا لا يعنـــي بالضرورة أنه ينبغي الاحتفاظ بالآلة القديمة لكامل السنوات الثلاث، وأنه ينبغي شراء الآلة الجديدة دون سؤال في نهاية تلك المدة. حيث إن الظروف يمكن أن تتغير في أي وقت، وهذا يتطلب تحليلاً جديداً – وربما باستخدام تحليل شجرة القرار – استناداً إلى التقديرات المعقولة في ضوء الظروف.

الجدول 14.13: النتائج المالية والقرارات لكل نقطة – لمثال الاستبدال المحدَّد في الشكل 7.13[a]

نقطة القرار	البديل		النتيجة المالية	الاختيار
3	القديم	= $7.0M	$3M(3) – $2M	القديم
	الجديد	= $1.5M	$6.5M(3) – $18M	
2	القديم	= $16.5M	$7M + $3.5M(3) - $1M	
	الجديد	= $22.0M	$6.5M(6) – $17M	الجديد
1	القديم	= $33.2M	$22.0M + $4M(3) - $0.8M	القديم
	الجديد	= $30.0M	$5M(9) – $15M	

[a] الفائدة تساوي 0% سنوياً، أي إن توقيت التدفق النقدي مهمل.

1.1.7.13 مثال محدَّد بأخذ الوقت في الحسبان لتحليل شجرة القرار، التـــي تنطوي على العمل من نقطة القرار الأبعد إلى النقطة الأقرب، الطريقة الأسهل للأخذ في الحساب توقيت الدفعات هي باستخدام طريقة القيمة الحالية PW، ومن ثم نخصم *جميع النتائج المالية في نقطة القرار التـــي هي في قيد الدراسة*. وللتوضيح، يبين (الجدول 15.13) الحسابات لنفس المسألة في (الشكل 7.13) باستخدام معدل فائدة 25% سنوياً.

الجدول 15.13: القرار في كل نقطة بفائدة تساوي 25% في السنة لمثال الاستبدال المقرر في الشكل 7.13

نقطة القرار	البديل	القيمة الحالية PW للنتيجة المالية		
3	القديم	$3M(P/A, 3) - $2M $3M(1.95) - $2M	= $3.85M	القديم
	الجديد	$6.5M(P/A, 3) - $18M $6.5M(1.95) - $18M	= - $5.33M	
2	القديم	$3.85M(P/F, 3) + $3.5M(P/A, 3) - $1M $3.85M(0.512) + $3.5M(1.95) - $1M	= $7.79M	القديم
	الجديد	$6.5M(P/A, 6) - $17M $6.5M(2.95) - $17M	= $2.18M	
1	القديم	$7.79M(P/F, 3) + $4M(P/A, 3) - $0.8M $7.79M(0.512) + $4M(1.95) - $0.8M	= $10.99M	القديم
	الجديد	$5.0M(P/A, 9) - $15M $5.0M(3.46) - $15M	= $2.30M	

لاحظ من (الجدول 15.13) أنه عندما تأخذ في الحساب تأثير التوقيت في حساب القيم الحالية في كل نقطة قرار، فإن القرار الناجم ليس فقط الاحتفاظ بالبديل في نقطة القرار 1، ولكن أيضاً الاحتفاظ بالبديل القديم في نقاط القرار 2 و3 كذلك. ولا تعد هذه النتيجة مفاجئة بسبب أن معدلات الفائدة المرتفعة تميل لتفضيل البدائل ذات الاستثمار الرأسمالي الأقل، وتميل أيضاً لوضع وزن أقل للعائدات (المنافع) التـــي تحدث في المدى البعيد.

2.7.13 المبادئ العامة للرسم

يعد الرسم التخطيطي المناسب لمسألة القرار بذاته مفيد جداً في فهم المسألة، وهو عنصر أساسي في التحليل الصحيح اللاحق للمسألة.

إن موقع نقاط القرار (العقد) وعقد نتيجة الفرصة من نقطة القرار الأولية إلى أساس أي نقطة قرار لاحقة يجب أن يعطي تمثيلاً دقيقاً للمعلومات المتوفرة وغير المتوفرة عند تمثيل حالة صنع الاختيار في نقطة القرار. ويجب أن يبين مخطط شجرة القرار ما يلي (يستخدم رمز المربع عادة للدلالة على عقدة القرار، على حين تستخدم الدائرة للدلالة على عقدة نتيجة الفرصة):

1. جميع البدائل الأولية أو الحالية التـــي يرغب صانع القرار باختيارها؛
2. جميع النتائج غير المؤكدة والبدائل المستقبلية التـــي يرغب صانع القرار باعتبارها بسبب أنها قد تؤثر مباشرة في نتائج البدائل الأولية؛
3. جميع النتائج غير المؤكدة التـــي يرغب صانع القرار باعتبارها بسبب أنها يمكن أن توفر معلومات يمكن أن تؤثر على اختياراته المستقبلية بين البدائل والتـــي تؤثر تأثيراً غير مباشر على نتائج البدائل الأولية (الأساسية).

لاحظ أن البدائل في أي نقطة قرار والنتائج في أي عقدة نتيجة فرصة يجب أن تكون

1. استبعادية، (أي، لا يمكن اختيار أكثر من واحد)؛
2. مستنفدة جميعها Collectively Exhausted (أي، ينبغي اختيار أحد الأحداث أو ينبغي حدوث شيء ما عند الوصول

إلى نقطة القرار أو عقدة النتيجة).

3.7.13 أشجار القرار بنتائج عشوائية

أدخلت مسألة الاستبدال المحدَّد في الفقرة 1.7.13 مفهوم القرارات المتعاقبة بافتراض وجود تأكد لنتائج البديل. إلا أن المسألة الهندسية التـــي تتطلب قرارات متعاقبة تنطوي عادة على نتائج عشوائية، وتعد شجرة القرار مفيدة جداً في وضع بنية هذه النوعية من الحالات. حيث يساعد مخطط شجرة القرار بجعل المسألة أوضح كما يساعد في تحليلها. وتوضح الأمثلة 13-10 وحتـــى 13-12 ذلك.

مثال 13-10

تصنع شركة آجاكس Ajax ضواغط لنظم تكييف الهواء التجارية. يُقيِّم تصميم ضاغط جديد كبديل محتمل للوحدة للوحدة الأكثر استخداماً. يتضمن التصميم الجديد تعديلات كبيرة تحقق فوائد متوقعة تتمثل في كفاءة تشغيل أفضل. ويتطلب الضاغط الجديد (كأحد مكونات نظام تكييف الهواء) من وجهة نظر مستخدم نموذجي استثماراً إضافياً يبلغ $8,600 مقارنة بالوحدة الحالية ويعتمد الاقتصاد السنوي في النفقات على مدى تحقيق هدف التصميم في التشغيل الفعلي.

قام فريق التصميم المتعدد الاختصاصات بإنجاز التقديرات الخاصة بالضاغط الجديد وتوصل إلى أربعة مستويات (نسب مئوية) لتحقيق هدف التصميم الكفء تتضمن الاحتمال والاقتصاد في النفقات السنوية لكل مستوى وفق يلي:

الاقتصاد السنوي في النفقات	الاحتمال $p(L)$	المستوى (النسبة المئوية) لتحقيق هدف التصميم (%)
$3,470	0.25	90
2,920	0.40	70
2,310	0.25	50
1,560	0.10	30

وبافتراض (MARR = %18) سنوياً، ومدة التحليل = 6 سنوات، والقيمة السوقية = 0) وأخذ $E(\text{PW})$ كمعيار للقرار، يطلب باستخدام تحليل ما قبل الضريبة الإجابة على السؤال التالـــي: هل التصميم الجديد للضاغط مفضل اقتصادياً على الوحدة الحالية؟

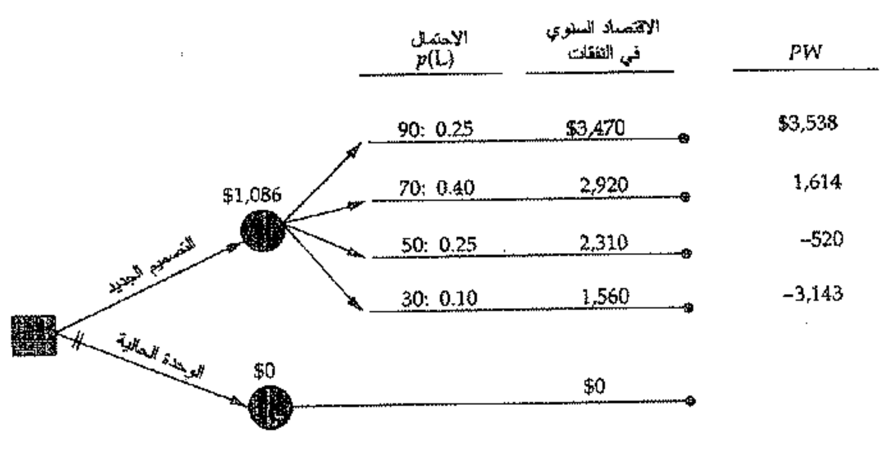
الحل

يبين (الشكل 8.13) مخطط شجرة القرار لمرحلة واحدة لبدائل التصميم. وتُحسب القيم الحالية المرتبطة بكل من مستويات تحقيق هدف كفاءة التصميم كالتالي:

$$\text{PW}(18\%)_{90} = -\$8{,}600 + \$3{,}470(P/A, 18\%, 6) = \$3{,}538$$
$$\text{PW}(18\%)_{70} = -\$8{,}600 + \$2{,}920(P/A, 18\%, 6) = \$1{,}614$$
$$\text{PW}(18\%)_{50} = -\$8{,}600 + \$2{,}310(P/A, 18\%, 6) = -\$520$$
$$\text{PW}(18\%)_{30} = -\$8{,}600 + \$1{,}560(P/A, 18\%, 6) = -\$3{,}143$$

استناداً إلى هذه القيم، يمكن حساب القيمة المتوقعة $E(\text{PW})$ لكل وحدة من الضاغط الجديد:

$$E(\text{PW}) = 0.25(\$3{,}538) + 0.40(\$1{,}614) + 0.25(-\$520) + 0.10(-\$3{,}143)$$
$$= \$1{,}086$$



الشكل 8.13: شجرة قرار لمرحلة واحدة (مثال 13-10)

القيمة المتوقعة للقيمة الحالية E(PW) للوحدة الحالية تساوي الصفر لأن تقديرات التدفق النقدي للتصميم الجديد هـي قيم الفروق بالنسـبة إلى التصميم الحالي. لذلك فإن التحليل يدل على أن التصميم الجديد أفضل اقتصادياً من التصميم الحالي. (ويدل الخطان المتوازيان المتقاطعان مع مسار الوحدة الحالية على المخطط على أن هذا البديل لم يُختر).

1.3.7.13 القيمة المتوقعة للمعلومات الكاملة Expected Value of Perfect Information (EVPI) إن تقديرات الاحتمال لتحقيق مستويات هدف التصميم الكفء، $p(L)$، التـي طوَّرها فريق التصميم في المثال 13-10 تعبِّر عن عدم التأكد المتعلق بأداء التشغيل المستقبلي للضاغط الجديد. وتستند هذه الاحتمالات إلى المعلومات الحالية التـي تسبق الحصول على أية بيانات تجريبية.

وتؤدي محاولة الحصول على بيانات تجريبية إضافية لتقليل عدم التأكد إلى تحمل تكاليف إضافية. لذلك، يجب أن تتوازن هذه التكاليف الإضافية مع القيمة الناجمة عن تقليل عدم التأكد. وبكلام أوضح، إذا توفرت المعلومات الكاملة عن كفاءة التشغيل المستقبلية للضاغط الجديد، فسيزول عدم التأكد وسنتمكن من صنع قرار مثالي للاختيار بين التصميم الحالي والتصميم الجديد. حتـى مع عدم إمكانية الحصول على المعلومات الكاملة، فإن قيمتها المتوقعة تدل على القيمة العليا (الحد الأقصى) الذي علينا أن نأخذه في الحسبان لتحديد حجم الإنفاق اللازم للحصول على هذه المعلومات الإضافية.

مثال 13-11

عد للمثال 13-10. ما هـي القيمة المتوقعة للمعلومات الكاملة EVPI بأخذ أداء التشغيل المسـتقبلي للضاغط الجديد للمستخدم النموذجي لنظام تكييف الهواء؟

الحل

يمكننا حساب EVPI بمقارنة القرار الأمثل المستند إلى المعلومات الكاملة مع القرار الأصلي فـي المثال 13-10 لاختيار الضاغط الجديد. وتظهر هذه المقارنة في (الجدول 16.13). استناداً إلى هذه المقارنة، فإن EVPI للمستخدم النموذجي هي:

$$\text{EVPI} = \$1{,}530 - \$1{,}086 = \$444$$

2.3.7.13 استخدام المعلومات الإضافية لتقليل عدم التأكد يبين حل المثال 13-11 أن هناك شيئاً من القيمة الكامنة التـــي يمكن الحصول عليها من المعلومات التجريبية الإضافية المتعلقة بأداء التشغيل للضاغط الجديد. من وجهة نظر المستخدم النموذجي للوحدة الجديدة مقابل الوحدة الحالية، يكون الحد الأقصى للقيمة التقديرية للمعلومات الإضافية هو $444.

يركز أعضاء فريق الإدارة لشركة آجاكس على الزبائن ويريدون تحقيق توقعات الزبائن المتعلقة بأداء منتجاتهم. ولذلك طلبوا من فريق التصميم تقدير قيمة البيانات التـــي يمكن الحصول عليه من إجراء اختبار شامل لنماذج مصغرة من الضاغط الجديد. ولن يؤدي الاختبار إلى الحصول على المعلومات الكاملة، بسبب عدم إمكانية التحديد الدقيق لأداء التشغيل للتصميم الجديد في المدى البعيد وضمن الظروف المختلفة للزبائن. إلا أنه يمكن للمعلومات غير الكاملة الناجمة عن الاختبار أن تقلل من عدم التأكد وتبرر التكلفة الإضافية اللازمة للحصول عليها.

الجدول 16.13: القيمة المتوقعة للمعلومات الكاملة (المثال 13-11)

مستوى تحقيق هدف التصميم (%)	الاحتمال $p(L)$	القرار مع معلومات كاملة: القرار	القرار مع معلومات كاملة: النتيجة	القرار السابق (التصميم الجديد)
90	0.25	الجديد	$3,538	$3,538
70	0.40	الجديد	1,614	1,614
50	0.25	الحالي	0	-520
30	0.10	الحالي	0	-3,143
		القيمة المتوقعة:	$1,530	$1,086

ويمكن تقييم قيمة المعلومات الإضافية قبل الحصول عليها إذا كان من الممكن تقدير موثوقية التجربة التـــي ستُستخدم. لذلك، يواجه فريق التصميم موثوقية معلومات التجربة الإضافية في التنبؤ بأداء التشغيل المستقبلي للضاغط الجديد. ويناقش المثال 13-12 التقديرات المعدة من قبل فريق التصميم، والاحتمالات المعدلة المحسوبة لتحقيق المستويات المختلفة لهدف التصميم الجديد الكفء، وقيم المعلومات التجريبية الإضافية من وجهة نظر المستخدم.

مثال 13-12

عد للمثالين 13-10 و13-11. يثق فريق التصميم في أن البيانات الناجمة من إجــراء اختبار واســـع للضواغط المصغرة ستظهر ما إذا كان أداء التشغيل المستقبلي محبذاً (60% أو أكثر من تحقيق هدف التصميم) أو غير محبذ (عدم تحقيق 60% من هدف التصميم). بالاســـتناد إلى الحصول على هذه النتائج من التجربة، وباستخدام البيانات الهندسية الحالية في شـــركة آجاكس قام فريق التصميم بتطوير التقديرات التالية *للاحتمالات الشرطية conditional probability*:

نتائج الاختبار الشامل	الاحتمالات الشرطية لنتيجة الاختبار بإعطاء مستوى تحقيق هدف التصميم (%): 90	70	50	30
مفضل F	0.95	0.85	0.30	0.05
غير مفضل NF	0.05	0.15	0.70	0.95
المجموع	1.00	1.00	1.00	1.00

فمثلاً، إذا كان أداء التشغيل للضاغط الجديد يحقق 90% من هدف التصميم، فالاحتمال الشرطي لأن تعطي نتائج الاختبار الشامل تقديرات غير محبذة يقدر بـ 0.05. أي يمكن القول $p(F \mid 90) = 0.95$، و$p(NF \mid 90) = 0.05$ حيث | تعنـــي "بإعطاء".

استناداً إلى هذه الاحتمالات الشرطية (التقديرات الموثوقة لنتائج الاختبار) والاختيار بين القيام بالتجربة أو عدم القيام بها، (أ) احسب الاحتمالات المعدلة لتحقيق مستويات هدف التصميم الكفء الأربعة و(ب) قدر قيمة إنجاز الاختبار الواسع للمستخدم النموذجي لوحدة الضاغط الجديد.

الحل

(أ) يبين (الشكل 9.13) مخطط شجرة قرار من مرحلتين، يتضمن القرار الأولي القرار بإجراء التجربة أم لا. ولحساب الاحتمالات المعدلة، نحتاج إلى تحديد الاحتمالات المجمعة لكل مستوى من تحقيق هدف التصميم الكفء ولكل نتيجة أي اختبار يحدث، وكذلك الاحتمال الحدي marginal لكل نتيجة اختبار. وتظهر هذه الاحتمالات في (الجدول 17.13). وكمثال، تحسب الاحتمالات المجمعة لتحقيق هدف التصميم الكفء بمستوى 90% وحدوث كل مستوى للتصميم كما يلي:

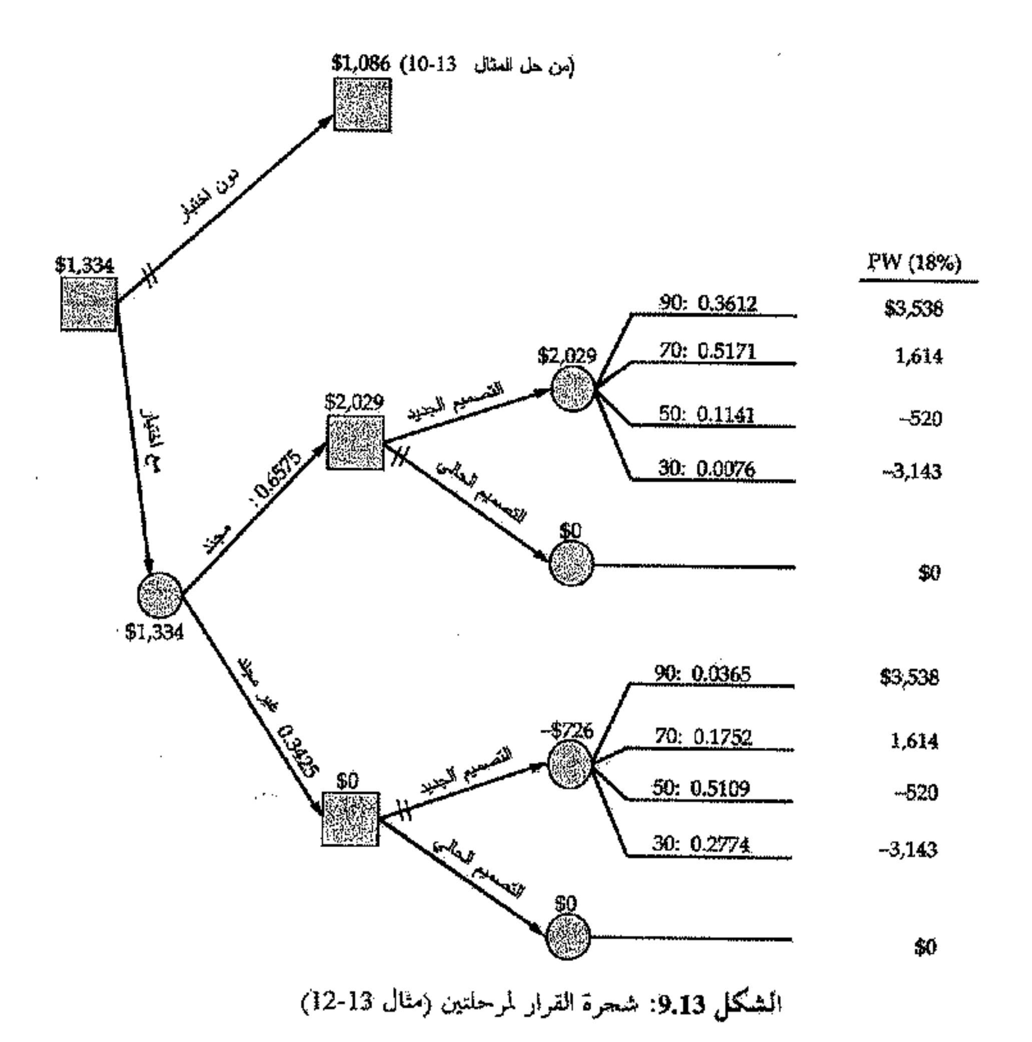
$$p(90,F) = p(F \mid 90)\cdot p(90) = (0.95)(0.25) = 0.2375$$
$$p(90,NF) = p(NF \mid 90)\cdot p(90) = (0.05)(0.25) = 0.0125$$

وتُحدَّد الاحتمالات المجمعة الستة المتبقية بنفس الطريقة. مجموع الاحتمالات المتلاقية لمستويات هدف التصميم الأربعة تعطي الاحتمال الحدي لكل نتيجة تحدث للاختبار. وهي مثلاً، $p(F) = 0.6575$ و$p(NF) = 0.3425$. وبالمثل تكون مجموع الاحتمالات المتلاقية لنتائج الاختبار هي الاحتمالات الحدية لتحقيق مستويات هدف التصميم الكفء الجديد [وهي نفسها كما للاحتمالات السابقة، $p(L)$، في المثال 13-10]. أما الاحتمالات المعدلة لكل مستوى مـــن تحقيق هدف التصميم استناداً إلى (الجدول 17.13) [مثل، $p(90) = p(90, F) / p(F) = 0.2375 / 0.6575 = 0.3612$]، فتظهر كذلك في (الشكل 9.13).

الجدول 17.13: الاحتمالات المتلاقية والحدية (مثال 13-12)

مستوى تحقيق هدف التصميم (%)	مجموع الاحتمالات (المتلاقية)		الاحتمالات الحدية، $p(L)$
	محبذ (F)	غير محبذ (NF)	
90	0.2375	0.0125	0.25
70	0.3400	0.0600	0.40
50	0.0750	0.1750	0.25
30	0.0050	0.0950	0.10
الاحتمالات الحدية لنتائج التجربة	0.6575	0.3425	1.00 (المجموع)

(ب) يمكن تحديد القيمة التقديرية (للمستخدم النموذجي لوحدة الضاغط الجديد) لإتمام الاختبار الإضافي الواسع باستخدام البيانات الواردة في (الشكل 9.13) بالبدء من الجانب الأيمن من (الشكل 9.13) والعمل باتجاه الجانب الأيسر، يمكننا حساب $E(PW)$ للتصميم الجديد لكل من نتائج الاختبار المحبذة ($2,029) وغير المحبذة (-$726). بالاستناد إلى هذه النتائج، الاختيارات في نقطتـــي القرار هي لبديل التصميم الجديد لنتيجة الاختبار المحبذة ولبديل التصميم الحالي لنتائج الاختبار غير المحبذة، على الترتيب.



الشكل 9.13: شجرة القرار لمرحلتين (مثال 13-12)

استناداً إلى هذه الاختيارات لبدائل التصميم في عقدتـــي القرار، E(PW) في عقدة الفرصة لخيار "إجراء الاختبار" هي $1,334. والقيمة المتوقعة للاختبار الواسع، قبل اعتبار التكلفة الإضافية، هي $248 = $1,086 - $1,334، حيث $1,086 هي القيمة المتوقعة للقيمة الحالية E(PW) للتصميم الجديد دون معلومات تجريبية إضافية (مثال 13-10).

استخدم أعضاء فريق إدارة شركة آجاكس هذه المعلومات للمساعدة في صنع القرار النهائي المتعلق بالاختبار الشامل لتصميم الضاغط الجديد. ولما كانت التكلفة الإجمالية للاختبار أقل من القيمة المتوقعة للمســـتخدم النموذجي للوحـــدة ($248) مضروبة بالعدد التقديري من الوحدات التـــي ستباع في سنة واحدة، وبسبب التركيز القوي على الزبائن، قررت الإدارة إجراء هذا الاختبار الإضافي.

8.13 تطبيقات الجداول الإلكترونية

تعلمنا سابقاً في هذا الفصل كيف يمكن لمحاكاة مونتـــي كارلو تبسيط التحليل للمسائل المعقدة نسبياً. ولتقليل خطأ التقدير، يوصى باستخدام عدد كبير من المحاولات (قد تصل إلى عدة آلاف). ويعد هذا جهداً مضنياً إذا أُنجز هذا التحليل باستخدام الحسابات اليدوية. في هذه الفقرة، سنعرض نموذج جدول إلكترونـــي لمحاكاة مونتـــي كارلو.

إن موضوع توليد الأعداد العشوائية يقع في قلب محاكاة مونتـي كارلو. وتتضمن معظم حزم الجداول الإلكترونية التابع RAND() الذي يعطـــي عدد عشـــوائي بين الصفر والواحد. وتوجد توابع إحصائية متقدمة أخرى، مثل

NORMSINV()، الذي يعطي عكس تابع التوزيع التراكمي (التوزيع الطبيعي المعياري في هذه الحالة). ويمكن استخدام هذا التابع لتوليد انحرافات طبيعية عشوائية. يبين (الشكل 10.13) نموذجاً لجدول إلكترونـــي يوضح استخدام هذه التوابع لإنجاز محاكاة مونتـــي كارلو للمشروع الوارد المثال 13-9.

ضُمِّنت التوابع الاحتمالية للعوامل الأربعة غير المؤكدة في نموذج الجدول الإلكترونـــي. إذ إن رأس المال المستثمر المطلوب والنفقات السنوية تتوزع طبيعياً بمتوسط وانحرافات معيارية. ويتوقع أن يكون عمر المشروع موزعاً بانتظام بين 10 و14 سنة. وقد وُضع توزيع احتمال متقطع للعائدات السنوية، ويقوم النموذج بحساب توزيع الاحتمال التراكمي المتعلق به (يظهر في العمود I، الصفوف 4-6).

تُولِّد الانحرافات الطبيعية العشوائية في العمود B والعمود H لحساب قيم الاستثمار الرأسمالي والنفقات السنوية لكل محاولة. ويُولَّد عدد عشوائي منتظم في العمود D لغرض الحصول على عمر المشروع. ويُستخدم التابع ROUND() على القيمة التجريبية لعمر المشروع للحصول على القيم الصحيحة. ويُولَّد العدد العشوائي المنتظم الآخر للحصول على العائدات السنوية. يُقارَن العدد العشوائي مع تابع التوزيع التراكمي للعائدات السنوية وتُوضَع القيمة المناسبة في العمود G. وتُحسب القيمة الحالية لكل محاولة في العمود J.

يبين (الشكل 10.13) عشر محاولات فقط. وقد حُسبت القيمة الحالية الوسطية الناجمة عن هذه المحاولات فوُجد أنها $6,164. يمكن صنع محاولات أكثر ببساطة بنسْخ مجموعات الخلايا. والقيمة الحالية الوسطية الناجمة من استخدام نموذج الجدول الإلكترونـــي لأكثر من 1000 محاولة كانت $7,949 (وهي قريبة جداً من القيمة المتوقعة للقيمة الحالية). تعطى صيغ الخلايا المظللة بالجدول التالي:

الخلية	المحتوى
I5	= I4 + H5
B11	= NORMSINV(RAND())
C11	= ($D$3 + $E$3 * B11)
D11	= RAND()
E11	= ROUND($D$7 + D11($E$7 - $D$7))
F11	= RAND()
G11	= IF(F11 <= I$4, G$4, IF(F11 <= I$5, G$5, G$6))
H11	= NORMSINV(RNND())
I11	= ($D$4 + $E$4 * H11)
J11	= - C11 – PV($B$1, E11, G11 – I11)
J22	= AVERAGE(J11 :J20)

9.13 الخلاصة

يتضمن الاقتصاد الهندسي صنع قرارات بين الاستخدامات البديلة للموارد الرأسمالية النادرة. وتمتد نتائج القرارات الناجمة عادة بعيداً في المستقبل. في هذا الفصل، عرضنا مفاهيم إحصائية واحتمالية مختلفة تتناول حقيقة أن نتائج (التدفقات النقدية، أعمار المشروع، ألخ) للبدائل الهندسية لا يمكن معرفتها معرفة مؤكدة، وتضمن الفصل أيضاً تقنية محاكاة مونتـــي كارلو باستخدام الكمبيوتر وتحليل شجرة القرار. ومثّلنا عوامل التدفق النقدي الموجب والسالب، كما هو الحال في عمر

المشروع بمتغيرات عشوائية متقطعة ومستمرة. وحلّلنا التأثير الناجم عن عدم التأكد على المقاييس الاقتصادية للجدوى للبديل. وقد تضمنت المناقشة اعتبارات عديدة والحدود المتعلقة باستخدام هذه الطرائق في التطبيق.

MARR	10%								
			Mean	Std. Dev.		العائدات		الاحتمال	
	الاستثمار الرأسمالي		$50,000	$1,000		السنوية	الاحتمال	التراكمي	
	النفقات السنوية		$30,000	$2,000		$35,000	0.4	0.4	
						$40,000	0.5		
			أصغري	أعظمي		$45,000	0.1	1	
	عمر المشروع		10	14					
محاولة	RND1	الاستثمار الرأسمالي	منتظم RN [0,1]	عمر المشروع	منتظم RN [0,1]	العائدات السنوية	RND2	النفقات السنوية	PW
1									
2	−0.453	49547	0.213	11	0.413	40,000	−1.397	27206	$ 33,551
3	−1.092	48908	0.992	14	0.146	35,000	−0.382	29236	$ (6,446)
4	+0.064	50064	0.688	13	0.898	40,000	−0.807	28386	$ 32,434
5	−0.983	49017	0.638	13	0.212	35,000	−0.158	29684	$ (11,256)
6	−1.274	48726	0.477	12	0.895	40,000	−0.189	29622	$ 21,986
7	+1.083	51083	0.157	11	0.766	40,000	+0.003	30006	$ 13,829
8	−0.535	49465	0.771	13	0.239	35,000	+0.513	31026	$ (21,236)
9	−0.167	49833	0.488	12	0.470	40,000	+1.168	32336	$ 2,387
10	+0.499	50499	0.073	10	0.982	45,000	−1.061	27878	$ 54,708
								Average	

الشكل 10.13: نموذج جدول إلكترونـــي لمحاكاة مونتـــي كارلو

مما يدعو للأسف، ليس هناك إجابة سريعة وسهلة لسؤال "كيف ينبغي اعتبار عدم التأكد بأفضل وجه في تقييم الاقتصاد الهندسي؟" وعلى العموم، يمكن استخدام أساليب بسيطة (مثل، تحليل نقطة التعادل وتحليل الحساسية، التـي نوقشت في الفصل 10) والتـي تسمح ببعض التمييز بين البدائل ليتم صنع قرار الاقتصاد الهندسي على أساس عرض عدم التأكد، وهي أساليب يعد تطبيقها رخيصاً نسبياً. ويمكن التمييز بين البدائل أيضاً بأساليب أكثر تعقيداً تستخدم المفاهيم الإحصائية. وتتصف هذه الأساليب بأنها أكثر صعوبة في التطبيق وأنها تتطلب وقتاً ونفقات إضافية.

10.13 المراجع

BONINI, C. P. "Risk Evaluation of Investment Projects," *OMEGA*, vol. 3, no. 6, 1975, pp. 735–750.

HERTZ, D. B., and H. THOMAS. *Risk Analysis and Its Applications* (New York: John Wiley & Sons, 1983).

HILLIER, F. S. *The Evaluation of Risky Interrelated Investments* (Amsterdam: North-Holland, 1969).

HULL, J. C. *The Evaluation of Risk in Business Investment* (New York: Pergamon Press, 1980).

MAGEE, J. F. "Decision Trees for Decision Making," *Harvard Business Review*, vol. 42, no. 4, July-August 1964, pp. 126–138.

PARK, C. S., and G. SHARPE-BETTE. *Advanced Engineering Economics*. (New York: John Wiley & Sons, 1990).

ROSE, L. M. *Engineering Investment Decisions: Planning Under Uncertainty*. (Amsterdam: Elsevier, 1976).

WALPOLE, R. E., and R. H. MEYERS. *Probability and Statistics for Engineers*, 4th ed. (New York: Macmillan Publishing Company, 1989).

11.13 مسائل

الرقم بين القوسين ( ) الوارد في نهاية كل مسألة يشير إلى الفقرة التـي تعود لها المسألة.

1.13 بافتراض أن المنافع السنوية الصافية لمشروع خلال كل سنة من سنوات عمره لها الاحتمالات التالية:

p(NAB)	المنافع السنوية الصافية NAB
0.40	$2,000
0.50	3,000
0.10	4,000

وأن عمر المشروع يبلغ ثلاث سنوات وهي قيمة مؤكدة ويبلغ الاستثمار الرأسمالي الأولي $7,000، بقيمة استرداد مهملة. فإذا كان معدل العائد المقبول الأدنـى MARR يساوي 15% في السنة، ما هي قيمة E(PW) وما هو احتمال أن تكون القيمة الحالية PW أكبر من الصفر [أي، $\Pr(\text{PW} \geq 0)$]. (3.13)

2.13 تجري حالياً الدراسة لبناء جسر كجزء من طريق جديد، وقد بين التحليل أن كثافة المرور على الطريق الجديد تبرر إنشاء جسر بحارتين في الوقت الحالي. وبسبب عدم التأكد من الاستخدام المستقبلي للطريق، تجري حالياً دراسة تهدف إلى تحديد الوقت الذي يلزم فيه إضافة حارتين أخريين للجسر. وفيما يلي الاحتمالات التقديرية لتعريض الجسر إلى أربع حارات في أوقات مختلفة في المستقبل:

تعريض الجسر في	الاحتمال
3 سنوات	0.1
4 سنوات	0.2
5 سنوات	0.3
6 سنوات	0.4

تبلغ التكلفة التقديرية الحالية لجسر من حارتين $2,000,000. وإذا ما أنشئ الآن، سيكلف الجسر ذي الأربع حارات $3,500,000. أما التكلفة المستقبلية لتعريض الجسر بحارتين فستكون بإضافة $2,000,000 إضافة إلى $250,000 لكل سنة يتأخر بها التعريض. إذا كان يمكن للنقود تحقيق دخل 12% سنوياً، ما هي توصيتك لهذا المشروع؟ (3.13)

3.13 بالعودة للمسألة 2.13، المطلوب إنجاز التحليل لتحديد حساسية الاختيار لبناء جسر الأربع حارات فوراً مقابل إنشاء الجسر بأربع حارات على مرحلتين لمعدل الفائدة. وهل سيؤدي اختيار معدل فائدة 15% سنوياً إلى تغيير القرار الأساسي؟ وعند أي معدل للفائدة يمكن تفضيل إنشاء الأربع حارات فوراً؟ (3.13)

4.13 تعد كمية الخرسانة المطلوب صبها خلال الأسبوع التالي في مشروع بناء غير مؤكدة. وقد قام رئيس الورشة بتقدير الاحتمالات التالية:

الكمية (يارد مكعب)	الاحتمال
1,000	0.1
1,200	0.3
1,300	0.3
1,500	0.2
2,000	0.1

ما هي القيمة المتوقعة (الكمية) من الخرسانة التـي ستُصَبّ الأسبوع القادم؟ وأيضاً ما هو التباين والانحراف المعياري لكمية الخرسانة التـي ستُصَبّ؟ (3.13)

5.13 لنأخذ المتغيرين العشوائيين P وQ الواردين في الجدول التالي:

السعر، P	$p(P)$	الكمية المبيعة، Q	$p(Q)$
$6	1/3	10	1/3
5	1/3	15	1/3
4	1/3	20	1/3

بافتراض أن P وQ مستقلان. ما هي قيمة كلٍّ من المتوسط، والتباين، والانحراف المعياري للتوزيع الاحتمالي للعائدات؟ (3.13)

6.13 يُخطَّط لبناء سد صغير على فرع لنهر يتعرض لفيضان متكرر. من الخبرة السابقة، تبين أن احتمالات أن يتجاوز جريان المياه السعة التصميمية للسد خلال السنة، مع المعلومات الحالية المتعلقة بالتكاليف، وهي كما يلي:

	احتمال الجريان الكبير خلال السنة	الاستثمار الرأسمالي
A	0.100	$180,000
B	0.050	195,000
C	0.025	208,000
D	0.015	214,000
E	0.006	224,000

أما الأضرار السنوية التقديرية التـــي ستحدث إذا ما تجاوز جريان المياه السعة التصميمية فهي $150,000، $160,000، $175,000، $190,000، و$210,000، للتصميمات A، B، C، D، وE على الترتيب. ويتوقع أن يبلغ عمر السد 50 سنة، بقيمة سوقية مهملة. إذا كان معدل الفائدة 8% سنوياً، فما هو التصميم الذي ينبغي تنفيذه؟ وما هي الاعتبارات غير المالية التـــي قد تكون مهمة للاختيار؟ (3.13)

7.13 هناك حاجة إلى مولد ديزل لتوفير طاقة مساعدة في حالة انقطاع المصدر الأساسي للطاقة. ويتوفر تصميمات مختلفة للمولدات، وتحظى المولدات الأغلى ثمناً بموثوقية أعلى يمكن الاعتماد عليها لإنتاج الطاقة. ويبين (الجدول P13.7) التقديرات المتعلقة بالموثوقية، وتكاليف الاستثمار الرأسمالي، ونفقات التشغيل والصيانة O&M، والقيمة السوقية والأضرار الناجمة عن الفشل الكامل في الطاقة (أي، فشل المولد الاحتياطي في التشغيل) وذلك لثلاثة بدائل. إذا كان عمر كل من هذه البدائل 10 سنوات ومعدل العائد المقبول الأدنـــى MARR = 10% سنوياً، فأي المولدات ينبغي اختياره إذا افترضت فشل طاقة وحيد في السنة؟ هل سيتغير اختيارك إذا افترضت فشلين أساسيين للطاقة في السنة (نفقات التشغيل والصيانة تبقى نفسها)؟ (3.13)

8.13 يدرس مالك منتجع للتزحلق إنشاء مصعد جديد للمتزحلقين، سيكلف $900,000. تقدر نفقات تشغيل وصيانة المصعد بمبلغ $1,500 في اليوم عند التشغيل. وتقدر مصلحة خدمة الطقس في الولايات المتحدة U.S. Weather Service أن هناك احتمال 60% لوجود 80 يوم من طقس التزحلق في السنة، واحتمال 30% لوجود 100 يوم في السنة، واحتمال 10% لوجود 120 يوم في السنة. يقدر مشغل المنتجع أنه خلال الـــ 80 يوم الأولى من الثلوج المناسبة في الفصل، سيستخدم المصعد وسطياً 500 شخص يومياً بأجرة $10 للشخص الواحد. أما إذا أُتيح 20 يوماً إضافياً، فسيَستخدم المصعد 400 شخص فقط في اليوم خلال المدة الإضافية، وأيضاً، إذا أُتيح 20 يوماً أخرى من التزحلق، فسيستخدم المصعد 300 شخص فقط يومياً خلال هذه الأيام. ويرغب المالكون في تغطية أية أموال مستثمرة خلال خمس سنوات ويرغبون بتحقيق معدل للعائد لا يقل عن 25% سنوياً قبل الضرائب. استناداً إلى تحليل ما قبل الضرائب، هل ينبغي إنشاء هذا المصعد؟ (3.13)

الجدول P13.7: ثلاثة تصميمات للمولد للمسألة 7.13

البديل	الاستثمار الرأسمالي	نفقات التشغيل والصيانة السنوية	الموثوقية	تكلفة فشل الطاقة	القيمة السوقية
R	$200,000	$5,000	0.96	$400,000	$40,000
S	170,000	7,000	0.95	400,000	25,000
T	214,000	4,000	0.98	400,000	38,000

9.13 عد للمسألة 13-8 وافترض التغييرين التاليين: مدة الدراسة هي ثمانـــي سنوات؛ وسيتم اهتلاك المصعد باستخدام نظام الاهتلاك المعدل MACRS، وحيث تبلغ مدة تغطية الاهتلاك سبع سنوات؛ معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR = 15% سنوياً (بعد الضريبة)؛ والمعدل الفعلي لضريبة الدخل (t) هو 40%. استناداً إلى هذه المعلومات، ما هي قيم E(PW) وSD(PW) للتدفق النقدي بعد الضريبة ATCF؟ فسِّر نتائج التحليل، وضَعْ توصيات تتعلق بإنشاء مصعد التزحلق. (3.13)

10.13 يُقيَّم مشروع للحفاظ على الطاقة. هناك أربعة مستويات تُعدّ ممكنة للأداء. يبين الجدول التالي الاحتمالات التقديرية لكل مستوى أداء والتوفير المقدر لما قبل الضريبة في السنة الأولى:

مستوى الأداء (L)	$p(L)$	توفير التكلفة (السنة الأولى؛ قبل الضرائب)
1	0.15	$22,500
2	0.25	35,000
3	0.35	44,200
4	0.25	59,800

فبافتراض التالي:

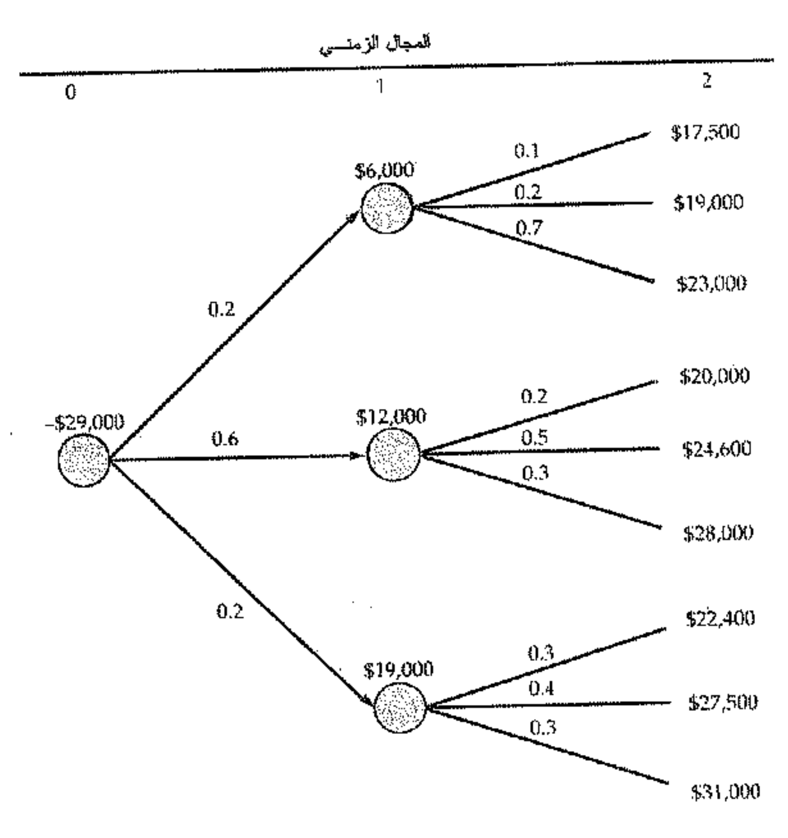
- الاستثمار الرأسمالي الأولي: $100,000 [80% ملكية خاضعة للاهتلاك والباقي (20%) تكاليف تنفق فوراً لأغراض الضرائب].
- يستخدم نظام ADS وفق MACRS للاهتلاك. ومدة التغطية تساوي أربع سنوات.
- تقدر زيادة الاقتصاد في التكلفة قبل الضريبة بمعدل 6% سنوياً بعد السنة الأولى.
- معدل العائد المقبول الأدنى بعد الضريبة 12% = $MARR_{AT}$، وتبلغ مدة التحليل خمس سنوات، والقيمة السوقية في نهاية السنوات الخمسة $MV_5 = 0$.
- معدل الضريبة الفعلية على الدخل 40%.

استناداً إلى E(PW) وتحليل ما بعد الضريبة، هل ينبغي تنفيذ المشروع؟ (3.13)

11.13 يُدرّس شراء قطعة جديدة من معدة قياس إلكترونية للاستخدام في عملية مستمرة لتشكيل المعادن. إذا اشترينا هذه المعدة، فستبلغ التكلفة الرأسمالية $418,000، والاقتصاد السنوي المقدر $148,000. العمر المجدي للمعدة في هذا التطبيق غير مؤكد. ويبين الجدول المرافق الاحتمالات المقدرة للأعمار المجدية المختلفة التي يمكن أن تحدث. بافتراض MARR = 15% سنوياً قبل الضرائب، والقيمة السوقية في نهاية العمر المجدي تساوي الصفر. واستناداً إلى تحليل ما قبل الضريبة، (أ) ما هي E(PW)، V(PW)، وSD(PW) المتعلقة بشراء هذه المعدة، و(ب) ما هو احتمال أن تكون القيمة الحالية PW أقل من الصفر؟ ضع توصيتك وأعط منطقك الداعم لها استناداً إلى نتائج التحليل. (الفصل 8 و3.13)

العمر المجدي، سنوات (N)	$p(N)$
3	0.1
4	0.1
5	0.2
6	0.3
7	0.2
8	0.1

12.13 يبين مخطط الشجرة في (الشكل P13.12) تدفقات نقدية غير مؤكدة لمشروع هندسي. وتبلغ مدة التحليل سنتين، و15% = MARR سنوياً. استناداً إلى هذه المعلومات، (أ) ما هي قيم E(PW)، V(PW)، وSD(PW) للمشروع، و(ب) ما هو احتمال أن تكون $PW \geq 0$؟ (3.13)



الشكل P13.12: مخطط شجرة الاحتمال للمسألة 13-12

13.13 يبلغ الاستثمار الرأسمالي الأولي لمشروع $100,000. وتقدر العائدات السنوية الصافية مطروحاً منها النفقات بـ $40,000 (A$) في السنة الأولى وتزيد بمعدل 6.48% سنوياً. ويعد العمر المجدي للمعدة الأساسية غير مؤكد، كما يبين الجدول التالي:

العمر المجدي، سنوات (N)	$p(N)$
1	0.03
2	0.10
3	0.30
4	0.30
5	0.17
6	0.10

بافتراض (i_c = MARR = 15% سنوياً، وf = 4% سنوياً). واستناداً إلى هذه المعلومات، (أ) ما هي E(PW) وSD(PW) لهذا المشروع، (ب) ما هو Pr{PW ≥ 0}، و(ج) ما هي E(AW) بالدولارات الجارية؟ هل ترى أن المشروع مقبول اقتصادياً، أم أنه مثير للتساؤل، أم أنه غير مقبول، ولماذا؟ (الفصل 8 ,3.13)

14.13 يحتاج مشروع مقترح إلى استثمار رأسمالي أولي $80,000، ويبلغ العائد السنوي مطروحاً منه النفقات $30,000، وعمره المجدي غير مؤكد، N، وفق ما يلي:

احتمال N	N
0.05	1
0.15	2
0.20	3
0.30	4
0.20	5
0.05	6
0.05	7

والمطلوب تحديد E(PW) وSD(PW) لهذا الاستثمار عندما يكون MARR يساوي 20% سنوياً. وأيضاً، ما هو $\Pr\{PW \le 0\}$؟ (3.13)

15.13 بافتراض متغير عشوائي (مثل، القيمة السوقية لقطعة من معدّة) يتوزع طبيعياً، بمتوسط يساوي 175$ وتباين يساوي $25\$^2$. ما هو احتمال أن تكون القيمة السوقية الحقيقية 171$ على الأقل؟ (4.13)

16.13 تتوزع القيمة السنوية المكافئة AW للمشروع R-2 طبيعياً، بمتوسط 1,500$ وتباين $810,000(\$)^2$. ما هو احتمال أن تكون القيمة السنوية AW لهذا المشروع أقل من 1,700$؟ (4.13)

17.13 لتقديرات التدفق النقدي التالية، حدِّد E(PW) وV(PW). وأيضاً، ما هو احتمال أن تتجاوز القيمة الحالية PW الصفر 0$. إذا علمت أن التدفق النقدي مستقل إحصائياً وأنه يتوزع طبيعياً، وأن قيمة MARR تبلغ 12% سنوياً. (4.13)

نهاية السنة، k	القيمة المتوقعة للتدفق النقدي	الانحراف المعياري للتدفق النقدي
0	-$14,000	0
1	6,000	$800
2	4,000	400
3	4,000	400
4	8,000	1,000

18.13 تُستخدم ثلاثة تقديرات (المعرّفة هنا بأنها H مرتفع، وL منخفض، وM الأكثر احتمالاً) للمتغيرات العشوائية كطريقة عملية لنمذجة عدم التأكد في بعض دراسات الاقتصاد الهندسي. بافتراض أنه يمكن تقدير المتوسط والتباين للمتغير العشوائي، X_k، في هذه الحالة بالعلاقتين: $E(X_k) = (1/6)(H + 4M + L)$ و$V(X_k) = [(H - L)/6]^2$ وحيث يبين (الجدول P13.18) البيانات التقديرية للتدفق النقدي الصافي المتعلقة بالمشروع.

وبافتراض أن المتغيرات العشوائية، X_k، مستقلة إحصائياً، وأن معدل العائد الأدنى المقبول المطبق MARR = 15% في السنة. استناداً إلى هذه المعلومات، (أ) ما هو المتوسط والتباين للقيمة الحالية PW، (ب) ما هو احتمال أن تكون القيمة الحالية أكبر أو تساوي الصفر (حدد الفرضيات التي تحتاج إليها)، و(ج) هل هذا هو نفسه احتمال أن يكون معدل العائد الداخلي IRR مقبولاً؟ اشرح ذلك. (4.13)

الجدول **P13.18**: تقديرات المسألة **13-18**

نهاية السنة، k	التدفق النقدي الصافي	تقديرات النقاط الثلاثة لـ X_k L	M	H
0	$F_0 = X_0$	-\$38,000	-\$41,000	-\$45,000
1	$F_1 = 2X_1$	-1,900	-2,200	-2,550
2	$F_2 = X_2$	9,800	10,600	11,400
3	$F_3 = 4X_3$	5,600	6,100	6,400
4	$F_4 = 5X_4$	4,600	4,800	5,100
5	$F_5 = X_5$	16,500	17,300	18,300

19.13 بالعودة إلى المسألة 13-8 إضافة إلى عدم التأكد المتعلق بأيام التزحلق في السنة، إذا كان العمر المجدي للمشروع أيضاً غير مؤكد وفق ما يلي:

العمر المجدي، سنوات (N)	$p(N)$
4	0.2
5	0.6
6	0.2

وأن القيمة السوقية (MV) لمصعد التزحلق هي تابع لعمر المشروع وفق العلاقة:

$$MV = \$10,000(7 - N)$$

أ. ضع جدولاً واستخدم محاكاة مونتسي كارلو لتحديد نتائج الخمس محاولات للقيمة السنوية المكافئة للمشروع قبل الضريبة. متذكراً أن MARR = 25% في السنة.

ب. استناداً إلى نتائج المحاكاة، هـل ينبغي إنشاء المصعد؟ ضع الفرضيات التـي تحتاج إليها. (5.13 ,6.13)

20.13 بأخذ التقديرات المتعلقة بمعدة صناعية جديدة والواردة في (الجدول P13.20). (5.13 ,6.13)

أ. ضع جدولاً وحاكِ خمس محاولات للقيمة الحالية PW للمعدة.

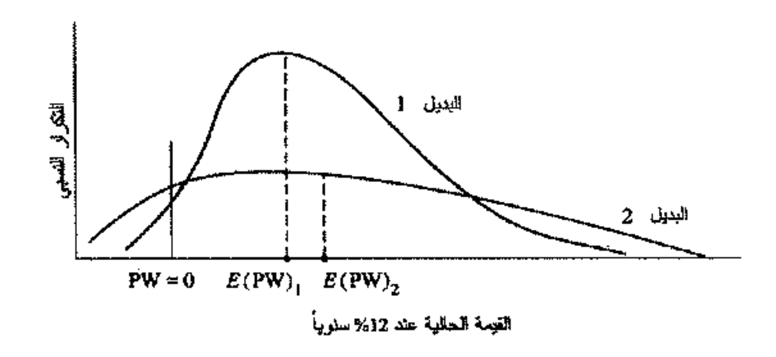
ب. احسب المتوسط للمحاولات الخمس وأوصِ بشراء المعدة أو عدمه.

الجدول **P13.20**: تقديرات المعدة للمسألة **13-20**

العامل	القيمة المتوقعة	نوع التوزيع الاحتمالي
الاستثمار الرأسمالي	\$150,000	معلوم بدرجة مؤكدة
القيمة السوقية	\$2,000 (13 - N)	طبيعي، σ = \$500
الاقتصاد السنوي	\$70,000	طبيعي، σ = \$4,000
النفقات السنوية	\$43,000	طبيعي، σ = \$2,000
العمر المجدي، N	13 سنة	منتظم في المجال [8, 18]
MARR	8% في السنة	معلوم بدرجة مؤكدة

21.13 تتوفر نتائج المحاكاة لبديلين استبعاديين. أُجري عدد كبير من المحاولات باستخدام الكمبيوتر، مع النتائج الواردة في (الشكل P13.21).

ناقش الجوانب التـي قد تظهر عند صنع القرار بين هذين البديلين. (5.13 ,6.13)



الشكل P13.21: نتائج المحاكاة للمسألة 13-21

22.13 يكلف الانــزلاق الطينــي الكبير الناجم من أمطار شديدة مقاطعة سابينو Sabino $1,000,000 كل مرة في خسارة من عائدات ضرائب الملكية. وفي أية سنة هناك فرصة من مئة لحدوث انــزلاق كبير.

اقترح مهندس مدنــي إنشاء عبّارة في الجبل عندما يكون الانــزلاق أكثر احتمالاً. وستؤدي هذه العبّارة إلى تقليل فرصة الانــزلاق الطينــي إلى الصفر. ويبلغ الاستثمار الرأسمالي $50,000، وتبلغ نفقات الصيانة السنوية $2,000 في السنة الأولى وتزيد بنسبة 5% بعد ذلك.

إذا توقع لعمر العبّارة أن يكون 20 سنة وتكلفة رأس المال بالنسبة لمقاطعة سابينو هو 7% سنوياً، هل ينبغي بناء العبّارة؟ (3.13)

23.13 تدرس شركة مشروع تحسين هندسي بنتائج غير مؤكدة. أفضل التقديرات الحالية، متضمنة الاحتمالات السابقة للنجاح، هي كما يلي:

صنف النجاح	احتمال النجاح	المنافع السنوية الصافية
A	0.35	$200,000
B	0.35	100,000
C	0.30	20,000

وترتبط المنافع التقديرية السنوية الصافية بالعمليات الجارية. بافتراض الاستثمار الأولي للمشروع يساوي $280,000؛ وعدم اعتبار الضرائب؛ وأن معدل العائد المقبول الأدنــى MARR قبل الضريبة يساوي 15% سنوياً؛ وبتطبيق مدة تحليل تبلغ 6 سنوات لهذا النوع من المشاريع.

ونتيجة للنتائج غير المؤكدة، وجّه المدير المسؤول بإجراء تقييم تجربة الاختبار قبل الدراسة المستقبلية للمشروع. وتقدر موثوقية تجربة الاختبار على النحو التالي:

نتيجة الاختبار	الاحتمالات الشرطية لنتيجة الاختبار المعطاة لصنف النجاح		
	A	B	C
جيد (G)	0.90	0.25	0.05
سيء قليلاً (P)	0.10	0.75	0.95
المجموع	1.0	1.0	1.0

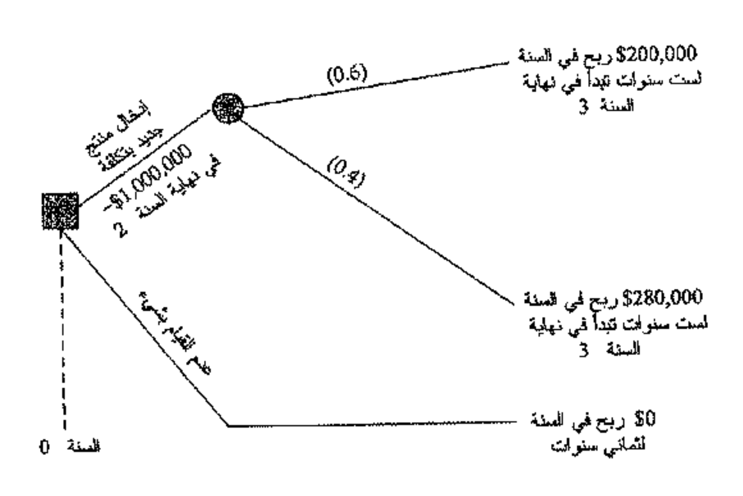
استناداً إلى تحليل شجرة القرار وE(PW) كمقياس اقتصادي للفائدة، ما هي القيمة التقديرية للمعلومات الإضافية التــي سيتم الحصول عليها من تجربة الاختبار في هذه الحالة؟ (7.13)

24.13 يُطوَّر حالياً تصميم محسن لقطعة مؤتمتة لمعدة لقياس الجودة المستمرة تُستخدم لمراقبة سماكة منتجات الصفائح المسحوبة. يتوقع بيع هذه القطعة بسعر $125,000 زيادة على التصميم الحالي. واستناداً إلى بيانات الاختبار الحالية، فإن المستخدم النموذجي لهذه المعدة لديه الاحتمالات التالية لتحقيق نتائج الأداء المختلفة وتخفيض التكلفة (المرتبطة بالوحدة الحالية) في السنة الأولى للتشغيل (بافتراض أن تخفيض التكلفة السنوية سيزداد بنسبة 5% سنوياً بعد ذلك، وأن مدة تحليل تبلغ خمس سنوات تعد مناسبة لهذه الحالة، وأن معدل العائد المقبول الأدنى السوقي لما قبل الضريبة MARR يساوي 18% في السنة؛ والقيمة السوقية الصافية MV في نهاية السنوات الخمس تساوي الصفر):

نتائج الأداء	الموثوقية	توفير التكلفة في السنة الأولى
متفائل	0.30	$60,000
الأكثر احتمالاً	0.55	40,000
متشائم	0.15	18,000

استناداً إلى $E(PW)$، هل يفضل التصميم الجديد على التصميم الحالي (بيّن مخطط شجرة القرار من مرحلة واحدة لهذه الحالة)؟ ما هي قيمة EVPI؟ ماذا تخبرك قيمة EVPI؟ (7.13)

25.13 إذا كان معدل الفائدة 8% سنوياً، ما هو القرار الذي تصنعه استناداً إلى مخطط شجرة القرار في (الشكل P13.25). (7.13)



الشكل P13.25: مخطط شجرة القرار للمسألة 13-25

26.13 يدرس نائب مدير التشغيل في مصنع مكونات صناعية لنظم هيدروليكية تحسين قدرة الإنتاج الحالية. وقد حُصرت حالة القرار بالاختيار من ثلاثة بدائل. يؤدي البديل الأول إلى تغيرات هامة في التشغيل الحالي، ومن ضمن ذلك زيادة الأتمتة. وينطوي البديل الثانـــي على تغيرات أقل في التشغيل الحالي ولا يتضمن أية أتمتة جديدة. أما البديل الثالث فيتمثل في عدم إجراء أي تعديل (عدم القيام بشيء).

يبين الجدول التالـــي تزايد الاستثمار الرأسمالي وتزايد العائد السنوي للبديلين الأولين، بالنسبة إلى التشغيل الحالي. وتستند تقديرات العائد السنوي إلى المبيعات المستقبلية للمكونات. ويقدر قسم المبيعات احتمال المبيعات الجيدة، والمتوسطة، والسيئة لتكون 0.3، 0.6، و0.10، على الترتيب.

البديل	الاستثمار الرأسمالي	المبيعات المستقبلية	العائد السنوي
1	$300,000	جيدة	$142,000
		متوسطة	119,000
		سيئة	50,000
2	85,000	جيدة	66,000
		متوسطة	46,000
		سيئة	17,000

ارسم شجرة قرار من مرحلة واحدة لتمثيل هذه الحالة. ثم استناداً إلى تحليل ما قبل الضريبة (وحيث MARR = 20%، ومدة تحليل تساوي خمس سنوات، والقيمة السوقية تساوي الصفر لجميع البدائل) وبأخذ E(PW) كمعيار للقرار، ما هو البديل الأفضل؟ وما هي القيمة المتوقعة للمعلومات الكاملة (EVPI) المتعلقة بالمبيعات المستقبلية في هذه الحالة؟ (7.13)

27.13 بالعودة إلى المسألة 13-26، في نهاية التحليل لمخطط شجرة القرار من مرحلة واحدة من قبل نائب رئيس التشغيل، تحقق لفريق إدارة المصنع أن المعلومات الإضافية المتعلقة بالمبيعات المستقبلية للمكونات الهيدروليكية ستقلل من عدم التأكد. لذا فقد، طلبوا من قسم المبيعات مسح آراء الزبائن وتحسين المعلومات عن ظروف المبيعات المستقبلية. يبين الجدول التالي تقديرات فريق الإدارة للاحتمالات الشرطية لنتائج المسح لكل ظرف محتمل للمبيعات.

	الاحتمالات الشرطية لنتائج المسح بإعطاء ظرف المبيعات المستقبلي		
نتيجة المسح	**جيد (G)**	**وسط (A)**	**سيء (P)**
متفائل (O)	0.85	0.60	0.10
غير محبذ (NF)	0.15	0.40	0.90
المجموع	1.00	1.00	1.00

استناداً إلى هذه المعلومات، ضع مخططاً لشجرة قرار من مرحلتين لهذه الحالة. واحسب الاحتمالات المعدلة لظروف المبيعات المستقبلية الثلاثة التي يمكن حدوثها. وما هي القيمة التقديرية للمصنع لإجراء مسح المبيعات (قبل تضمين أية تكلفة إضافية)؟ (7.13)

تمويل رأس المال وتخصيصه*

لسهولة العرض والمناقشة، قسّمنا هذا الفصل إلى فرعين رئيسيين: (1) المصادر الطويلة الأجل لرأس مال الشركة (التمويل الرأسمالي) و(2) إنفاق رأس المال خلال تطوير واختيار وتنفيذ مشروعات محددة (تخصيص رأس المال). والهدف هو مساعدة الطالب على فهم المكونات الأساسية لعملية موازنة رأس المال وتوضيح الدور الهام للمهندس في وظيفته الاستراتيجية والمعقدة.

يناقش هذا الفصل التطبيقات التالية:

وظائف تمويل رأس المال وتخصيصه

الفروق بين مصادر رأس المال

تكلفة رأس المال المقترض

تكلفة رأس المال المملوك

تكلفة رأس المال الوسطية الموزونة

الاستئجار كمصدر لرأس المال

تخصيص رأس المال

نظرة عامة على عملية موازنة رأس المال للمنشآت النموذجية

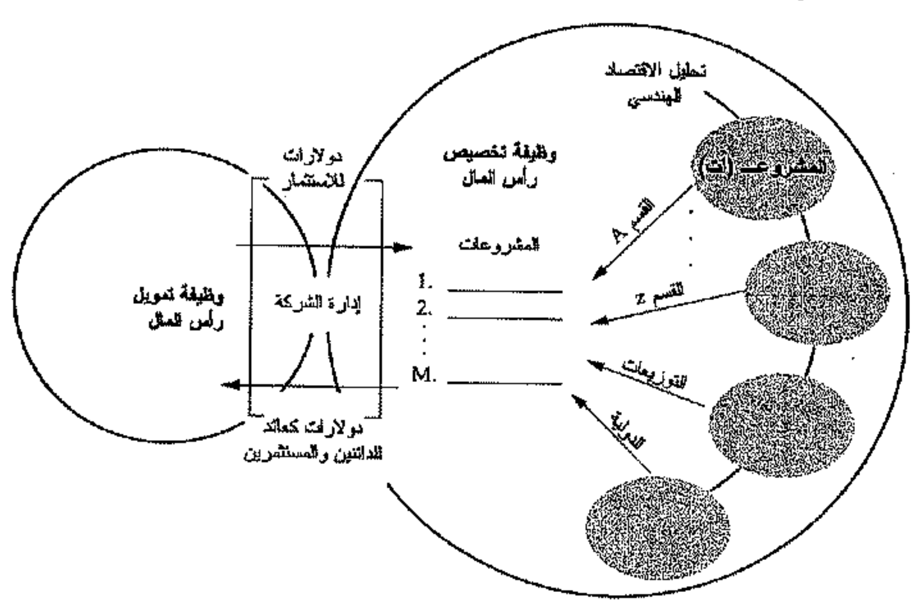
1.14 مدخل

ينبغي لشركة الأعمال الحصول على رأس المال من المستثمرين والدائنين (*تمويل رأس المال*) ثم استثمار هذه الأموال في المعدات والأدوات وغيرها من الموارد (*تخصيص رأس المال*) لإنتاج سلع وخدمات للبيع. ويجب أن تحقق المشروعات الهندسية وغيرها من المشروعات الرأسمالية عائداً مناسباً على الأموال المستثمرة في شكل الربح (ثروة إضافية) وذلك إذا ما رغبت الشركة في تحقيق النمو الاقتصادي وأن تكون منافسة في المستقبل. وهكذا، ينطوي قرار الشركة المتعلق بتنفيذ المشروع الهندسي على إنفاق الأموال الرأسمالية الحالية للحصول على منافع اقتصادية مستقبلية، أو لتحقيق السلامة، أو التنظيم، أو متطلبات التشغيل الأخرى. ويُتخذ هذا القرار المتعلق بالتنفيذ في شركة جيدة الإدارة باعتباره جزءاً من عملية موازنة رأس المال (الفقرة 8.14). وتعد وظيفتا تمويل رأس المال وتخصيصه المكونات الأساسية لهذه العملية.

ترتبط وظيفتا تمويل رأس المال وتخصيصه إحداهما بالأخرى ارتباطاً وثيقاً، كما يبين (الشكل 1.14)، ويُدار كل منهما بالتزامن باعتبارها جزءاً من عملية موازنة رأس المال. فبواسطة وظيفة تمويل رأس المال يتم يُحدَّد حجم المبالغ الجديدة التـي تحتاجها الشركة من المستثمرين والدائنين، كما هو الحال بالنسبة للمبالغ المتوفرة من المصادر الداخلية (الاهتلاك

* تم استخدام كلمة تخصيص الموارد لترجمة Allocation (المترجم).

والإيرادات المحتجزة[1]) وذلك لدعم المشروعات الرأسمالية الجديدة. ويُتخذ في هذه الوظيفة أيضاً القرار المتعلق *بمصادر* أية أموال خارجية جديدة – كإصدار أسهم إضافية، أو بيع سندات، أو الحصول على قروض، وغيرها. ويجب أن يتناسب مجموع هذه المبالغ وكذلك نسبة رأس المال المقترض إلى رأس المال المملوك في تركيب رأس مال الشركة مع الاحتياجات الاستثمارية الرأسمالية الحالية والمستقبلية.



الشكل 1.14: نظرة عامة على النشاطات المتعلقة بتمويل رأس المال وتخصيصه في منظمة نموذجية

أما وظيفة تخصيص رأس المال فتتضمن اختيار المشروعات الهندسية للتنفيذ. ويتم ويُحدَّد الاستثمار الرأسمالي الكلي في المشروعات الجديدة بالمبلغ المقرر لهذا الغرض خلال دراسات تمويل رأس المال. وتبدأ النشاطات المتعلقة بتخصيص رأس المال في أقسام متعددة في المؤسسة كالقسم الهندسي مثلاً أو قسم التشغيل أو قسم البحث والتطوير وهكذا. وضمن كل دورة لموازنة رأس المال تقوم هذه الأقسام بتخطيط وتقييم واقتراح المشروعات للتمويل والتنفيذ. ويتطلب هذا العمل تقديم المبررات الاقتصادية وغيرها من المعلومات المتعلقة بكل مشروع مقترح. وتشكل دراسات الاقتصاد الهندسي جزءاً من هذه العملية لتطوير الكثير من المعلومات المطلوبة.

وكما يبين (الشكل 1.14)، يُخصَّص رأس المال المتوفر للمشروعات المختارة في كامل الشركة اعتماداً على وظيفة تخصيص رأس المال. وتتحمل الإدارة عبر نشاطاتها المتكاملة في كلتا الوظيفتين مسؤولية ضمان تحقيق عائد معقول (بالدولارات) على هذه الاستثمارات بحيث تُحفِّز موفري رأس المال من الدائنين والمساهمين على توفير المزيد من الأموال عند الحاجة. ومن هنا يتضح أن الخبرة والمعرفة بالاقتصاد الهندسي هي عنصر ضروري في تأسيس الثقافة التنافسية للمنظمة.

[1] الإيرادات المحتجزة هي جزء من إيرادات الشركة المحصلة بعد الضريبة والتي لا تدفع إلى خارج الشركة كتوزيعات للمالكين (المساهمين) ويعاد استثمارها في الشركة.

باختصار، تربط وظيفتنا تمويل رأس المال وتخصيصه ربطاً وثيقاً عمليات صنع القرار المتعلقة بكمية المصادر المالية ومن أين سنحصل عليها وكذلك إنفاقها في المشروعات الهندسية والرأسمالية الأخرى لتحقيق النمو الاقتصادي وتحسين التنافسية للشركة. ويتضمن مجال هذه النشاطات

1. كيف يمكن الحصول على الموارد المالية من حقوق الملكية ومن الدين والموارد الأخرى؛
2. كيف تُحدَّد المتطلبات الدنيا للقبول الاقتصادي؛
3. كيف تُحدَّد المشروعات الرأسمالية وتُقيَّم؛
4. كيف يُصنع الاختيار النهائي للمشروع للتنفيذ؛
5. كيف تُجرى المراجعات لسجلات ما بعد التنفيذ.

2.14 الفروق بين مصادر رأس المال

كما نوقش في الفقرة السابقة، يؤدي رأس المال دوراً أساسياً في مشروعات الهندسة والأعمال. ومع أن المهندسين نادراً ما يعملون في الحصول على رأس المال الذي تحتاجه المشروعات، فإن طرائق الحصول عليه (من المساهمين (حقوق الملكية) أو رأس المال المقترض، أو أموال من مصادر داخلية، أو بشكل غير مباشر عبر استئجار الأصول) سيؤثر على معدل العائد المطلوب الأدنـــى، وبعض الاعتبارات المتعلقة بضريبة الدخل وغيرها من العوامل ذات الصلة.

تهتم معظم دراسات الاقتصاد الهندسي برأس المال *الكلي* المستخدم، دون الانتباه إلى المصدر؛ وبالنتيجة فإن هذه الطريقة تقيّم *المشروع* ككل وليس الفوائد الناجمة عنه لأية بمجموعة خاصة من موردي رأس المال. وتقيم الأمثلة والمسائل الواردة في هذا الكتاب عادة المشروع بسبب أنه في معظم التحليلات يمكن أن يتم الاختيار بين البدائل بصفة مستقلة عن مصادر التمويل المستخدمة. إذن، وحتـــى هذه النقطة جرى التعامل مع الكومة الكلية للأموال الاستثمارية لدى الشركة باعتبارها مصدر رأس المال الذي تحتاجه المشروعات. وفيما يلي عرض مختصر للمصادر المختلفة لرأس المال التـــي يمكن أن تتوفر للشركة والفروق فيما بينها:

1. *رأس المـــال المقترض* ويتضمن كلاً من الأموال المقترضة (الديون) القصيرة الأجل والطويلة الأجل. وينبغي هنا أن تُدفع الفائـــدة لموردي رأس المال، كما ينبغي سداد الدين في وقت محدد. لا يشارك موردو رأس المال المقترض في الأرباح الـــناجمة عن استخدام رأس المال؛ وتأتـــي الفائدة التـــي يحصلون عليها، بالطبع، من عائدات الشركة. وفي حالات عديـــدة يضع المقرض بعض أنواع الضمانات للتثبت من أن الأموال سيتم سدادها. وقد تتضمن بنود اتفاقية القرض أحياناً قيوداً على الاستخدامات المتعلقة بالأموال، كما قد توضع في بعض الحالات قيود على الاقتراض المستقبلي. هذا وتعد نفقات الفائدة التـــي تُدفع مقابل استخدام رأس المال المقترض نفقات معفاة من الضرائب بالنسبة للشركة.
2. *رأس المـــال المملوك* (حقوق الملكية) ويُحصَّل عليه من المالكين ويُستخدم في النفقات التـــي تحقق *ربحاً*. وفي الحقيقة لـــيس هناك أي ضمان لتحقيق الربح أو أن رأس المال المستثمر سيتم تغطيته. وبالمثل، ليست هناك قيود على استخدام الأمـــوال باســـتثناء تلك الموضوعة من قبل المالكين أنفسهم. كما أنه ليست هناك تكلفة صريحة مقابل استخدام هذا الـــنوع من رأس المال في الحس الأولي يمكن اعتبارها (التكلفة) نفقات معفاة من الضرائب. وعلى كل حال لا يمكن الحصول على رأس المال المملوك ما لم يكن معدل العائد المتوقع مرتفعاً إلى درجة كافية عند مخاطرة مقبولة بحيث يؤدي إلى جذب المستثمرين المحتملين.

3. *الإيرادات المحتجزة* وهي مصدر هام من مصادر رأس المال الداخلي. إن الإيرادات المحتجزة هي ببساطة الأرباح التي يعاد استثمارها في الشركة بدلاً من دفعها كتوزيعات للمالكين. وتستخدم هذه الطريقة في تمويل المشروعات الرأسمالية من قبل معظم الشركات، ويحد منها حقيقة أن المالكين يتوقعون عادة ويطلبون الحصول على بعض الأرباح في شكل توزيعات نتيجة استثماراتهم. ولذلك، من الضروري *عادة* أن توزَّع نسبة كبيرة من الأرباح (ربما 50% أو أكثر) على المالكين في شكل توزيعات. يؤدي حجز بقية الأرباح إلى خفض حصة التوزيع الحالية للسهم الواحد، إلا أنه يزيد القيمة الدفترية للسهم، ويؤدي إلى توزيعات مستقبلية أكبر أو قيمة بيع أعلى للسهم. يفضل العديد من المستثمرين حجز بعض الأرباح وإعادة استثمارها للمساعدة في زيادة قيمة أسهمهم.
4. *مخصصات (احتياطيات) الاهتلاك* وتوضع جانباً من العائدات كاحتياطي يُستخدم في استبدال المعدات وغيرها من الأصول المعرضة للاهتلاك، وهي مصدر إضافي من رأس المال الداخلي. توفر أموال الاهتلاك عملياً استثمارات متعاقبة يمكن استخدامها لتحقيق أقصى فائدة ممكنة. وتشكل هذه الأموال بالنتيجة مصدراً هاماً من رأس المال يمكن استخدامه في تمويل المشروعات الجديدة ضمن الشركة. وينبغي هنا وبوضوح أن تدار مخصصات الاهتلاك بحيث يكون رأس المال المطلوب متوفراً لاستبدال المعدات الأساسية عندما يحين وقت الاستبدال.
5. *استئجار* الأصول هي طريقة للحصول على الأصول واستخدامها دون نفقات رأسمالية لشرائها. الاستئجار هو أحد أشكال التعاقد يتم بموجبه وضع شروط ينقل باستخدامها المؤجر (مالك الأصل) إلى المستأجر حق استخدام الأصل، ومن ذلك التكلفة المتضمنة. لذا فإن الاستئجار هو طريقة لتحقيق منافع الاستثمار الرأسمالي دون الحاجة فعلياً إلى دين جديد أو مساهمة جديدة. إضافة إلى أن تكاليف الاستئجار تُطرح من الدخل الناجم عن التشغيل لأغراض الضريبة.

سنفترض في هذا الفصل أن *بنية رأس المال* للشركة (الكومة الكلية للأموال الاستثمارية التي أشير إليها آنفاً) هي مزيج ثابت نسبياً من المكونات المختلفة لرأس المال المقترض والمملوك. ويقع خارج نطاق مناقشتنا تناول المواضيع المتعلقة بالمزيج من الدين والمساهمة الذي يؤدي إلى أفضل قيمة مستقبلية لمالكي الشركة. لذا سنركز على التكلفة بعد الضريبة(للشركة) مقابل الحصول على المكونات الأساسية من كلا النوعين من رأس المال، ثم على التأثيرات المركبة بدلالة تكلفة رأس المال الكلية الموزونة لمزيج معطى سلفاً من المكونات الأساسية.

3.14 تكلفة رأس المال المقترض

يؤدي القسم المقترض من رأس المال إلى زيادة السيولة على القسم المملوك عن طريق زيادة الأموال الكلية المتوفرة للمشروعات الرأسمالية وأيضاً الثروة الكامنة للشركة. وينبغي الحفاظ على نسبة رأس المال المقترض بحيث تبقى تحت مستوى معين لأن زيادة هذه النسبة يمكن أن تؤثر عكسياً على القيمة السوقية لسهم الشركة (الفقرة 4.14). ويختلف هذا المستوى بحسب نوع الشركة، ويمكن القول إنه يبلغ تقريبياً 30% للشركات المتوسطة إلى كبيرة الحجم التي تعمل في السلع الاستهلاكية، ويمكن أن يتجاوز 50% لمؤسسات المرافق العامة. المكونات الأساسية لرأس المال المقترض هي القروض القصيرة الأجل والسندات الطويلة الأجل (عرضناها في الفصل 4). وفيما يلي نناقش هذين المكونين بتوسع.

1.3.14 القروض (القرض القصير الأجل)

تستحق القروض القصيرة الأجل عادة خلال مدد تقل عن خمس سنوات وغالباً خلال مدد تقل عن سنتين. أما مصادر

هذه الأموال فهي البنوك وشركات التأمين ونظم التقاعد وغيرها من الهيئات المقرضة. وتُستخدم ورقة (أداة) مالية مثل خطاب ائتمان أو ورقة قصيرة الأجل تتضمن وعداً بسداد مبلغ الدين المقترض إضافة إلى الفائدة وفق جدول منظم سلفاً. وقد تطلب الهيئة المقرضة ضماناً ذا قيمة ملموسة (كرهن الأصول الثابتة أو أحد الأصول الجارية كأوراق القبض) لضمان القرض، أو على الأقل قد تستوثق من الحالة المالية للشركة المقترضة بحيث تضمن أن هناك أقل مخاطرة ممكنة. وللتبسيط، سنفترض هنا أن جميع دفعات الفائدة على القرض، وكذلك ضرائب الدخل التي تدفعها الشركة، هي على أساس سنوي*. واستناداً إلى هذا الافتراض، تكون تكلفة رأس المال لما بعد الضريبة للقرض القصير الأجل من الهيئة المقرضة هي:

$$c_L = i_L\,(1\text{-}t) \qquad (1.14)$$

حيث: c_L = تكلفة رأس المال لما بعد الضريبة للقرض؛

i_L = معدل الفائدة في السنة التي تدفع للقرض؛

t = معدل الضريبة الفعلية (الحدية) (الفصل 6).

مثال 1-14

حصل موظف التمويل الرئيسي لشركة المنتجات داخل الولاية Interstate Products Company على قرض لمدة ثلاث سنوات مقداره $3,600,000 من بنك في المنطقة. وتشكل أموال هذا القرض القسم المقترض القصير الأجل في بنية رأس مال الشركة. وتشترط ترتيبات التمويل دفع فائدة في نهاية كل سنة استناداً إلى المبلغ الأصلي المتبقي في بداية السنة، إضافة إلى الدفعات السنوية (الأقساط) للمبلغ الأصلي. يبلغ معدل الفائدة على القرض 8.3% في السنة كما يبلغ معدل الضريبة الحدي للشركة 42%. (أ) استناداً إلى هذه المعلومات، ما هي تكلفة رأس المال لما بعد الضريبة التي تدفعها الشركة مقابل استخدام هذا القرض القصير الأجل؟ (ب) إذا دفعت الشركة $500,000 من المبلغ الأصلي في نهاية السنة 1، ما هو التدفق النقدي لما بعد الضريبة للفائدة في نهاية السنة 2؟

الحل

(أ) تكلفة رأس المال بعد الضريبة هي

$$c_L = 0.083\,(1 - 0.42) = 0.0481, \text{ or } 4.81\% \text{ per year}$$

(ب) المبلغ الأصلي (المتبقي) في بداية السنة 2

المبلغ الأصلي $= \$3,600,000 - \$500,000 = \$3,100,000$

$$\text{ATCF}_{\text{Int}}\ (\text{year }2) = \$3,100,000\ (0.0481) = \$149,110.$$

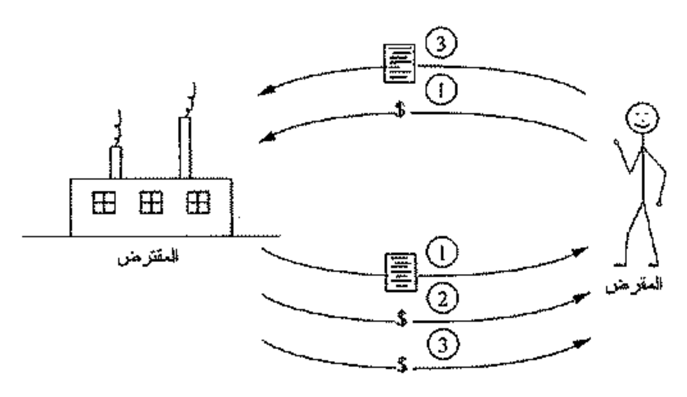
2.3.14 السندات (القروض الطويلة الأجل)

السند هو ورقة طوية الأجل تعطى للدائن (المقرض) من المقترض، تتضمن البنود الخاصة بشروط سداد القرض وغيرها من الشروط. ولإعادة الأموال المقترضة، تعد الشركة بسداد القرض (السند) والفائدة المترتبة عليه وفق معدل محدد. ولما كان السند يمثل مديونية على الشركة، فلا يحق لمالكي السندات التصويت في الشؤون المتعلقة بأعمال الشركة ما دامت

* ويختلف ذلك عن الواقع العملي اختلافاً طفيفاً، حيث تتضمن اتفاقيات القروض عادة دفع نسبة الفائدة على القسم المتبقي من القرض (غير المسدد) في تاريخ سداد دفعة الفائدة، (المترجم).

الشركة قد التزمت دفع الفوائد على الأقل، وبالطبع ليس لهم الحق في المشاركة في الأرباح.

تُصدر السندات عادة بقيم من قبيل $1,000 أو $10,000 وهكذا، وتعرف هذه القيم *بالقيمة الاسمية face value* للسند. وينبغي دفع القيمة الاسمية للمقرض في نهاية مدة محددة من الزمن. وعندما تُدفع هذه القيمة الاسمية يقال إن السند *تقاعد retired* أو *استردّ قيمته redeemed*. يدعى معدل الفائدة الذي يُدفع على السند *بمعدل السند bond rate*، وتُحسب دفعات الفائدة الدورية المستحقة عبر ضرب القيمة الاسمية بمعدل فائدة السند لكل مدة. ويبين (الشكل 2.14)، ما يحدث خلال دورة عمر السند المعتادة.



وصف الخطوة	تعليقات إضافية
1. يبيع المقترض السند للمقرض ويحصل المقرض على ورقة السند	تُصدر السندات بفئات متساوية (قيم اسمية) مثل $1,000 أو $10,000 الخ، إلا أن القيمة التي يدفعها المقرض تتحدد عبر الطلب والعرض في السوق، وتجري العلمية عادة بالمضاربة.
2. تُدفع دفعات فائدة دورية على السند للمقرض.	يحسب مبلغ كل دفعة فائدة على السند بضرب القيمة الاسمية بمعدل فائدة السند.
3. يستعيد المقترض السند بدفع المبلغ الأصلي واستعادة ورقة السند.	يجري ذلك عادة في نهاية عمر السند المحدد، المبلغ الذي يُدفع عادة هو القيمة الاسمية.

الشكل 2.14: دورة حياة تمويل السند

يمكن تقدير تكلفة ما بعد الضريبة لرأس مال السند كما يلي[2]:

$$C_B = \frac{\left[Zr + \left(Z - P + S_e\right)/N + A_e\right]\left(1-t\right)}{\left(Z + P - S_e\right)/2} \qquad (2.14)$$

حيث Z = القيمة الاسمية للسند؛

r = معدل السند (الفائدة الاسمية) في السنة؛

N = عدد السنوات حتى يتم تقاعد السند بعدها (يعاد سداده)؛

---

[2] استناداً إلى العبارة التقريبية 8.5 في

C. S. Park, and G. P. Sharp-Bette, *Advanced Engineering Economics* (New York: John Wiley & Sons, 1990), p. 178.

الاقتصاديات الهندسية المتقدمة.

S_e = نفقات البيع الأولية المتعلقة بالسند؛

P = سعر البيع الحقيقي للسند [إذا كان $P < Z$، يباع السند بخصم (إلى قيمته الاسمية)، وإذا كان $P > Z$، يباع السند بعلاوة]؛

A_e = النفقات الإدارية المتعلقة بالسند؛

t = معدل الضريبة الفعلية (الحدي).

يمثل بسط المعادلة (14-2) *تكلفة ما بعد الضريبة للسند* استناداً إلى نفقات الفائدة السنوية إضافة إلى القيمة السنوية (عبر حياة السند) لأي خصم أو علاوة وكذلك نفقات البيع الأولية إضافة إلى النفقات الإدارية السنوية. أما المقام فيمثل *الاستثمار الوسطي في السند* خلال عمره. وكمعلومات إضافية يلاحظ أن المعادلة (14-2)، التـي عُرِّفت بنودها يمكن أن تحل على أساس السند الواحد. كما أن كل بند في المعادلة يمكن أن يحمّل بقيمته إلى قيمة السند الإجمالية وتحل المعادلة على هذا الأساس.

المثال 14-2

تبيع شركة منتجات داخل الولاية حالياً (بمساعدة بنك استثماري) إصداراً قيمته $10,000,000 مـن السندات مدتها ثمانـي سنوات، وتبلغ القيمة الاسمية للسند $5,000. وتشكل هذه الأموال القسم المشكل من قروض طويلة الأجل من بنية رأس مال الشركة. يبلغ معدل الفائدة على السند 6.6% في السنة وتُدفع الفائدة على أساس سنوي لحاملي السندات (المالكين) المسجلين. يحصل البنك على تكلفة بيع أولية بنسبة 0.94% من القيمة الاسمية للسند. ونتيجة لمعدل الفائدة الأساسي في السوق وقت بيع السند (المعدل الأساسي هو المعدل الذي تدفعه الشركات التـي تتمتع بالمستوى الائتمانـي الأفضل)، يباع كل سند قيمته الاسمية $5,000 فعلياً بمبلغ $4,870. أي إن، معدل الفائدة الأساسي في ذلك الوقت كان أعلى من معدل الفائدة على السند والبالغ (6.6%) وتباع السندات عند مستوى خصم. وأيضاً وكجزء من عملية إصدار السند جرى التعاقد مع بنك آخر (خدمة) للحفاظ على السجلات اللازمة للسندات، والقيام بدفع دفعات الفائدة السنوية لحاملي السندات، وإنجاز مهام إدارية أخرى. تبلغ التكلفة السنوية لهذه الخدمة نسبة 2% من نفقة الفائدة السنوية على السند. أما معدل الضريبة على الدخل الحدي للشركة فيبلغ 42%.

استناداً إلى هذه المعلومات، ما هي تكلفة رأس المال السنوية لما بعد الضريبة التـي تتكبدها الشركة مقابل الحصول على هذا الجزء الذي يمثل القرض الطويل الأجل في بنيتها الرأسمالية؟

الحل

تُطبّق المعادلة (14-2) على أساس السند الواحد لتقدير تكلفة رأس المال لما بعد الضريبة للشركة المصدرة للسند. هذه التكلفة هي:

$$C_B = \frac{\{\$5,000(0.066)+[\$5,000-\$4,870+0.0094(\$5,000)]/8+0.02(0.066)(\$5,000)\}(1-0.42)}{[\$5,000+\$4,870-0.0094(\$5,000)]/2}$$

$$= \frac{\$359(0.58)}{\$4,912} = 0.0424, \text{ or } 4.24\% \text{ per year}$$

حيث: Z = $5,000

r = 6.6%

8 years $= N$

$4,870 $= P$

%42 $= t$

3.3.14 تقاعد السند

تعد الفائدة التـــي تدفع على السندات بمثابة تكلفة القيام بالأعمال، وإضافة إلى هذه التكلفة الدورية، يجب أن تأخذ الشركة في الحسبان اليوم الذي يتقاعد فيه السند ويعاد دفع المبلغ الأصلي للسند (القيمة الاسمية) لحامل السند.

عندما تكون هناك رغبة لدى الشركة في سداد القروض الطويلة الأجل بهدف تقليل مديونية الشركة، فغالباً ما يُبنـــى برنامج منهجي بحيث يدفع السند المصدر عند استحقاقه. وتعطي مثل هذه الإجراءات المخططة سلفاً تأكيداً لحاملي السندات وتجعل السندات أكثر جاذبية لجمهور المستثمرين؛ ويمكنها أيضاً أن تسمح بإصدار سندات بمعدلات فائدة أقل.

في حالات عديدة، تضع الشركة جانباً وبطريقة دورية مبالغ محددة بحيث يؤدي تراكم هذه المبالغ مع الفوائد التـــي تحققها إلى تغطية المبلغ المطلوب لتقاعد السندات في وقت استحقاقها. ونتيجة لملاءمة هذا الاستخدام للدفعات الدورية المتساوية فإن أسلوب التقاعد يصبح وكأنه حساب *رصيد سداد sinking fund*. وهو أحد أكثر الاستخدامات شيوعاً لأقساط التسديد. وباستخدام هذا الأسلوب يعلم حاملو السندات أن هناك إجراءات مناسبة تجري لحماية استثماراتهم، وتعلم الشركة سلفاً التكلفة السنوية التـــي ستتحملها نتيجة لتقاعد السند.

إذا ما أُصدرت سندات بقيمة 100,000 $ مدتها 10 سنوات، قيمة السند الواحد 1,000 $، بفائدة اسمية 10% بدفعات نصف سنوية وبحيث ينبغي أن تتقاعد هذه السندات عبر استخدام أقساط السداد التـــي تحقق فائدة سنوية 8% تركب بشكل نصف سنوي، فإن التكلفة نصف السنوية للتقاعد تكون كما يلي:

$A = F\,(A/F, i\%, N);$

$F = \$100,000;$

$i = 8\%/2 = 4\%$ (لكل مدة فائدة)

$N = 2 \times 10 = 20$ مدة فائدة.

وهكذا يكون،

$A = \$100,000\ (0.0336) = \$3,360.$

وإضافة إلى ذلك يجب دفع الفائدة نصف السنوية على السندات، والتـــي تحسب كما يلي:

الفائدة $= \$100,000 \times 0.10 / 2 = \$5,000;$

التكلفة الكلية نصف السنوية $= \$3,360 + \$5,000 = \$8,360;$

التكلفة السنوية $= \$8,360 \times 2 = \$16,720.$

وبذلك تكون التكلفة الكلية للفائدة وتقاعد كامل السند المصدر لـــ 20 مدة (10 سنوات)

$\$8,360 \times 20 = \$167,200$

4.14 تكلفة رأس المال المملوك

سبقت الإشارة إلى الشكل التنظيمي في مناقشتنا لوظيفة تمويل رأس المال باعتباره "مؤسسة firm" أو "شركة company". ويتم تنظيم شركات القطاع الخاص بأي حجم نسبي عادة باعتبارها *شركات مساهمة corporation*. الشركة المساهمة هي شخصية اعتبارية، يعترف بها القانون، ويمكنها غالباً ممارسة أي نوع من الأعمال التي يمكن أن يقوم بها الشخص الطبيعي. وتعمل الشركة المساهمة بموجب ترخيص يمنح لها من الولاية (الدولة) وتمنح بموجب هذا الترخيص حقوقاً وامتيازات معينة، كالعمر الأبدي دون اعتبار أي تغير في أشخاص مالكيها. ومقابل هذه الامتيازات والتمتع بوضعها هيئة شرعية تخضع الشركة المساهمة إلى قيود معينة. منها حصر نشاطها في بنود الترخيص الخاص بها. وبغية الدخول إلى مجالات عمل جديدة، عليها أن تطلب تعديل شروط الترخيص أو الحصول على ترخيص جديد. كما أن الشركة المساهمة تخضع إلى ضرائب خاصة.

يُحصَل على رأس المال المملوك (المساهم) للشركة المساهمة ببيع الأسهم. ومشترو الأسهم هم مالكون جزئيون للشركة المساهمة وأصولها ويطلق عليهم عادة *المساهمون stockholders*. وبهذه الطريقة يمكن أن تنتشر ملكية الشركة المساهمة عبر العالم ويمكنها بالنتيجة جمع مبالغ كبيرة من رأس المال. ومع أن المساهمين هم المالكون للشركة المساهمة ولهم حق المشاركة في الحصول على الأرباح، فإنهم غير مسؤولين قانونياً عن ديون الشركة، مع استثناءات قليلة. أي *إنهم غير مجبرين على تحمل أية خسارة تتجاوز قيمة أسهمهم*. وبسبب كون عمر الشركة المساهمة مستمراً أو غير محدود، فإنها يمكن أن تقوم باستثمارات طويلة الأجل وتواجه المستقبل ببعض الدرجة من التأكد، وهذا يسهل الحصول على رأس المال المقترض (وخاصة طويل الأجل) بتكلفة أقل للفائدة بوجه عام.

هناك أنواع متعددة من الأسهم، ولكن لاثنين منها أهمية أساسية. وهما *السهم العادي common stock*، والذي يمثل ملكية عادية دون ضمانات خاصة للعائد على الاستثمار، و*السهم الممتاز preferred stock*، والذي يتمتع بمزايا وقيود معينة لا تتوفر في السهم العادي. فمثلاً، لا تُدفع التوزيعات على الأسهم العادية حتى يتم دفع عائد بنسبة محددة على الأسهم الممتازة.

1.4.14 السهم العادي

السهم العادي هو المصدر الأساسي لرأس المال المملوك المستخدم لتمويل المشروعات الرأسمالية للشركة المساهمة. وتتضمن المصادر الأخرى من رأس المال المملوك الأسهم الممتازة والإيرادات المحتجزة واحتياطيات الاهتلاك.

إن تحديد قيمة السهم الواحد ليست عملية مباشرة كما هو الحال في قيمة السند وتكلفة رأس المال بعد الضريبة له (للسند). كما أن تقييم وتكلفة ما بعد الضريبة للسهم العادي هو في الحقيقة موضوع مثير للجدل وذلك بسبب الفرضيات المتعددة المتعلقة بالمعدلات المستقبلية لنمو التوزيعات وبالأسعار المستقبلية للأسهم وبمدى مخاطرة الاستثمار وبالإيرادات المتوقعة بعد الضريبة وغيرها[3]. ويجب أن تكون قيمة السهم العادي مقياساً للإيرادات التي ستتحقق نتيجة

---

[3] انظر، على سبيل المثال،

Franco Modigliani and Merton H. Miller, "The Cost of Capital, Corporation Finance, and the Theory of Investment," *American Economic Review*, vol. 48, no. 3, June 1958, pp. 261-297;
D. Durand, "The Cost of Capital in an Imperfect Market: A Reply to Modigliani and Miller," *American Economic Review*, vol. 49, no. 4, September 1959, pp. 639-655.

لملكية السهم، وتتعلق بعوامل متعددة يمكن غالباً أن تُجمع تحت عنوانين – وهما التوزيعات وسعر السوق.

نعرض هنا طريقة مبسطة جداً لتقييم السهم العادي وتقدير معدل العائد المتوقع للسهم من قبل المستثمر. ويصطلح على هذه الطريقة *نموذج تقييم التوزيع* *dividend valuation model*. أما الطرائق الأخرى مثل نموذج الإيرادات ونموذج فرص الاستثمار فيمكن الاطلاع عليها في أي من مراجع التمويل الجيدة.

يحق لمالك السهم العادي في الشركة المساهمة الحصول على التوزيعات المصرح عنها من قبل الشركة، إضافة إلى سعر السهم في وقت بيعه. فإذا كانت قيمة التوزيعات المالية بعد الضريبة (التوزيعات التـي تدفع من الإيرادات بعد الضريبة) التـي يتم الحصول عليها خلال السنة k مساوية لـ Div_k، فإن القيمة الجارية (الحالية) للسهم العادي في نموذج تقييم التوزيع يمكن افتراضها مساوية تقريباً للقيمة الحالية PW للتدفقات النقدية المستقبلية خلال N سنة لمدة الملكية. أي،

$$P_0 \approx \frac{\text{Div}_1}{(1+e_a)} + \frac{\text{Div}_2}{(1+e_a)^2} + \cdots + \frac{\text{Div}_N}{(1+e_a)^N} + \frac{P_N}{(1+e_a)^N} \qquad (3.14)$$

حيث:

e_a = معدل العائد في السنة (معبراً عنه كنسبة مئوية) المطلوب من المساهمين العاديين (تكلفة رأس المال المملوك بعد الضريبة للشركة المساهمة)؛

P_0 = القيمة الحالية (الجارية) للسهم العادي؛

P_N = سعر البيع للسهم العادي في نهاية N سنة.

ويجب أن تكون قيمة e_a كافية لتعويض المساهم عن القيمة الزمنية للنقود الخاصة به إضافة إلى المخاطرة التـي يرى أنها ترتبط بالاستثمار. أما كيفية تقدير قيمة P_N فهي صعوبة إضافية إلى صعوبات تقدير P_0.

ينطوي نموذج تقييم التوزيع على فرضيتين متحفظتين هما أن التوزيعات *ثابتة* على المدى البعيد، وأن $P_0 = P_N$. وفي هذه الحالة، فإن السعر الحالي للسهم العادي يساوي القيمة الحالية PW لسلسلة مفترضة غير منتهية من التوزيعات التـي تبقى ثابتة في قيمتها:

$$P_0 = \text{Div}(P/A, e_a, \infty) = \frac{\text{Div}}{e_a} \qquad (4.14)$$

وهكذا، فإذا كانت قيمة البيع الحالية للسهم العادي معلومة والتوزيع السنوي للسنة الماضية معلوماً أيضاً، فإن تكلفة ما بعد الضريبة لرأس المال المملوك (السهم العادي) تقدر بأسلوب متحفظ بحيث تكون

$$e_a = \frac{\text{Div}}{P_0} \qquad (5.14)$$

عند توقع نمو السعر المستقبلي للسند المالي security (السهم)* بمعدل g (كنسبة مئوية) كل سنة، فإن تكلفة رأس المال المملوك يمكن تقريبها بإضافة عامل النمو إلى نموذج تقييم التوزيع [المعادلة (14-5)]:

$$e_a = \frac{\text{Div}}{P_0} + g \qquad (6.14)$$

لنفترض أن سهماً عادياً سعره 100$ ويحقق حالياً توزيعاً سنوياً 8$، وأن نسبة النمو المتوقعة في سعره تبلغ 4% سنوياً.

---

*استخدم المؤلف هنا مصطلح security بدلاً من common stock للتعبير عن السهم، وsecurity تعني سند مالي. (المترجم).

فإذا رغب المستثمر بشراء هذا السند المالي استناداً إلى فرضية ثبات التوزيعات وأن السعر ينمو بمعدل 4% سنوياً، فإن العائد المتوقع هو قرابة $8/$100 + 0.04 = 0.12 أو 12% في السنة. وبافتراض دراسة سند مالي آخر أقل مخاطرة يمكن بيعه بمبلغ 100$ ويحقق توزيعاً سنوياً 10$، مع $g = 0$. في هذه الحالة $e_o = 10\%$ في السنة. فإذا لم يكن المستثمر يفرق بين السندين، فإن العائد المتوقع الإضافي البالغ 2% في السنة يلزم لتعويض المخاطرة الإضافية المرتبطة بالاستثمار الأول.

إن تحديد تكلفة ما بعد الضريبة لجميع أنواع رأس المال المملوك هو أمر صعب في الممارسة العملية. ولأغراض هذا الكتاب، فإن مبدأ تكلفة الفرصة والمعادلات (14-5) و(14-6) يوفران أساساً بيد أنه طريقة مبسطة لتقريب هذا المقدار.

مثال 14-3

تتوقع شركة منتجات داخل الولاية (IPC) أن تحقق إيرادات صافية دائمة بعد الضريبة تبلغ $2,700,000 سنوياً بأصولها الحالية. تنتج الشركة منتجاتٍ مستقرة وتمارس عملها منذ 15 سنة. إضافة إلى ذلك فلديها 1,000,000 سهم عادي ولديها سياسة مستقرة منذ زمن بتوزيع 50% من إيراداتها بعد الضريبة. أما الباقي من التوزيعات والبالغ 50% فيُحجز كمخصصات نقدية، لاستبدال المعدات، وغير ذلك.

(a) إذا طلب المستثمرون عائداً سنوياً على استثمارهم يبلغ 4% من التوزيعات فقط، فما هو الثمن الذي سيكونون مستعدين لدفعه للسهم العادي لشركة IPC إذا بقيت التوزيعات ثابتة؟

(b) يملك مستثمر 1,000 سهم عادي من أسهم IPC ويعتقد أن سعر سهمه سينمو بمعدل 6% في المستقبل. ما هو معدل العائد على سهم IPC المتوقع من قبل هذا المستثمر (أي، ما هي التكلفة بعد الضريبة لرأس مال السهم العادي استناداً إلى نموذج تقييم التوزيع)؟

الحل

(أ) من المعادلة (14-4)، السعر التقديري الحالي للسهم العادي من IPC يجب أن يساوي:

$$[\$2,700,000\ (0.5)/1,000,000] / 0.04 = \$33.75$$

(ب) العائد على الملكية استناداً إلى المعادلة (14-6) سيكون تقريباً $(\$1.35/\$33.75) + 0.06 = 0.10$, أو 10% في السنة.

14.4.2 السهم الممتاز

يمثل السهم الممتاز أيضاً مشاركة في الملكية، إلا أن المالك هنا يتمتع بمزايا وقيود إضافية لا تتوفر لمالك السهم العادي. يضمن المساهمون الممتازون الحصول على توزيعات على أسهمهم، تمثل عادة نسبة من قيمة السهم الاسمية، وذلك قبل أن يمكن للمساهمين العاديين الحصول على أي عائد. وفي حالة حل الشركة المساهمة، يجب استخدام الأصول لتلبية مطالبات المساهمين الممتازين قبل مالكي الأسهم العادية. ويمنح المساهمون الممتازون عادة مزايا معينة، مثل انتخاب ممثلين خاصين لهم في مجلس الإدارة Board of directors، وذلك إذا لم تدفع توزيعاتهم الممتازة لمدة معينة.

وبسبب ثبات نسبة التوزيع فإن الأسهم الممتازة تعد استثماراً أكثر تحفظاً من الأسهم العادية ويتوفر بها عدد من خصائص السندات الطويلة الأجل. ولذلك فإن القيمة السوقية لهذه الأسهم أقل عرضة للتذبذب. لذا يمكن تقريب تكلفة بعد الضريبة لرأس مال الأسهم الممتازة (e_p) بتقسيم التوزيع المضمون (Div_p، الذي يدفع من الإيرادات بعد الضريبة) على القيمة الاسمية الأصلية للسهم (P_p):

$$e_p = \frac{\text{Div}_p}{P_p} \tag{7.14}$$

مثال 14-4

أصدرت شركة منتجات داخل الولاية الواردة سابقاً 80,000 سهم ممتاز بقيمة اسمية للسهم الواحد $25. يبلغ التوزيع السنوي المضمون للسهم الواحد $2. ما هي التكلفة بعد الضريبة للقسم المكون من الأسهم الممتازة في بنية رأس المال لشركة IPC؟

الحل

استناداً إلى المعادلة (7-14)، لدينا $e_p = \$2/\$25 = 0.08$, or 8% في السنة.

3.4.14 الإيرادات المحتجزة

يفترض عادة أن تساوي تكلفة ما بعد الضريبة للإيرادات المحتجزة تكلفة الأسهم العادية (معدل العائد المتوقع من قبل المساهمين العاديين). ويبدو ظاهرياً أن الإيرادات المحتجزة هي مصدر مجانـي للتمويل في الشركة المساهمة، ولكن ليست هذه هي الحالة. فهذه الإيرادات، التـي هي أموال مملوكة، لا تعود للشركة المساهمة، وإنما للمساهمين العاديين. ويُحتفظ بها ويُعاد استثمارها في الشركة لغرض تعزيز النمو المستقبلي والعائدات وزيادة ثروة المساهمين. وهكذا فإن لهذه الأموال تكلفة الفرصة نفسها التـي تتحقق للأموال التـي يحصل عليها المساهمون العاديون فيما لو أعادوا استثمارها في أسهم عادية إضافية للشركة المساهمة.

5.14 تكلفة رأس المال الوسطية الموزونة

يمكن تحديد تكلفة رأس المال الوسطية الموزونة لما بعد الضريبة (WACC) للشركة المساهمة عندما تتحدد قيمة وتكلفة كلٍّ من مكونات الدين والملكية في بنية رأس المال. وسوضّح الحسابات المتعلقة بها لشركة منتجات داخل الولاية IPC في الفقرة التالية.

1.5.14 حالة شركة منتجات داخل الولاية

تُحدَّد قيمة وتكلفة ما بعد الضريبة لكلٍّ من مكونات الدين القصير الأجل، والسند، والسهم العادي، والسهم الممتاز للبنية الرأسمالية لشركة IPC في الأمثلة من 1.14 وحتـى 4.14، على الترتيب. وتشكل الإيرادات المحتجزة قسماً من الكومة الكلية للأموال المستثمرة. وكما ورد في الفقرة 3.4.14، فإن تكلفة هذه الملكية الداخلية للأموال يجب أن تساوي تكلفة السهم العادي.

سنفترض أنه وفق تاريخ الوضع المالي الأحدث يتوفر لشركة IPC إيرادات محتجزة قيمتها $4,300,000. ويمكن استخدام هذا المبلغ ($4,300,000) والمعلومات من الأمثلة 14-1 وحتـى 14-4 للحصول على تكلفة رأس المال الوسطية الموزونة للشركة. وينبغي أن يتناسب وزن كل من مكونات رأس المال مع نسبتها في الكومة الكلية من الأموال. ويبين (الجدول 1.14) الحسابات الخاصة بشركة منتجات داخل الولاية.

وكمعلومات إضافية، تجدر الملاحظة أن *مخصصات الاهتلاك (الاحتياطيات)*، وهي مصدر آخر من مصادر الأموال

الداخلية للاستثمار، لم تُضمَّن صراحة في حساب تكلفة رأس المال الوسطية الموزونة. إلا أن ذلك لا يعنـي أن هذه الأموال هي مصدر مجانـي للشركة المساهمة. فهذا سيكون منطقاً زائفاً. وبدلاً من ذلك يفترض أن هذه الأموال تستبدل الحاجة لرأس مال مملوك ومقترض إضافي بنفس النسب كما هو الحال بالنسبة للبنية الحالية لرأس المال ولها تكلفة فرصة تساوي تكلفة رأس المال الوسطية الموزونة (8.2% في حالة شركة IPC).

الجدول 1.14: حساب تكلفة رأس المال الوسطية الموزونة بعد الضريبة (حالة IPC)

مصدر التمويل	المبلغ	النسبة	تكلفة ما بعد الضريبة (نسبة عشرية)	التكلفة الوسطية
دين قصير الأجل	\$3,600,000[b]	0.0809	0.0481[b]	0.0039
سندات	10,000,000[c]	0.2247	0.0424[c]	0.0095
أسهم عادية[a]	24,600,000	0.5528	0.1000[d]	0.0553
أسهم ممتازة	2,000,000[c]	0.0449	0.0800[e]	0.0036
إيرادات محتجزة	4,300,000	0.0967	0.1000	0.0097
	\$44,500,000	1.0000		WACC = 0.0820
				Or 8.2% per year

[a] بيع 1,000,000 سهم عادي أصلاً بسعر وسطي للسهم الواحد \$24.60.

[b] عد للمثال 1.14.

[c] عد للمثال 2.14.

[d] عد للمثال 3.14.

[e] عد للمثال 4.14.

2.5.14 العلاقة بمعدل العائد المجزي المقبول الأدنى

ما هي العلاقة بين قيمة WACC وMARR؟ لنفترض مثلاً أن معدل العائد لمشروع هندسي قُدِّر بحيث تكون أقل من WACC. فإذا تم تنفيذ المشروع، فإن النتائج الاقتصادية اللاحقة ستخفض قيمة الشركة لأنه لن يكون هناك أية إيرادات إضافية فوق تكلفة رأس المال المستثمرة في المشروع. أي يُقدَّر أن يكون لهذا المشروع تأثير سلبـي على ثروة الشركة. وواضح أننا لا نريد أن تحدث هذه الحالة. لذا، فإن قيمة WACC يجب أن تكون القيمة الدنيا التـي تُستخدم في MARR.

ويقود توسيع هذا المنطق إلى اعتبار هام آخر. فبافتراض أن قيمة MARR المستخدمة حالياً من قبل الشركة أكبر من WACC (كأن حُدِّدت، تم تحديدها بطريقة تكلفة الفرصة التـي ناقشناها في الفصل 4)، فإن *القياس الاقتصادي الأفضل* للقيمة الحالية المكافئة التـي سيضيفها المشروع للشركة *تبقى هي القيمة الحالية PW محسوبة عند المعدل* $i = WACC$. لذا، وبقطع النظر عن قيمة MARR المستخدمة حالياً فإن هذه المعلومة تبقى هامة ويجب أن تتوفر لاستخدامها في صنع القرار.

3.5.14 تكلفة رأس المال الوسطية الحدية

الحجة المنطقية التـي تطرح أحيانا أن WACC الحالية (التاريخية) ليست هي القيمة الفضلى التـي يجب استخدامها في المشروعات *الجديدة*. وإن وجهة النظر المعروضة تتمثل في أن الحصول على رأس مال مملوك ومقترض إضافي لتمويل هذه المشروعات أو لاستبدال الأموال الموجودة في أوقات لاحقة سيكون بتكلفة أعلى، وأنه ينبغي استخدام التكلفة

الوسطية الموزونة لهذه الأموال الإضافية (الحدية).

تتمثل وجهة النظر المتبعة في هذا الكتاب في أن التكلفة الأكثر تمثيلاً لرأس المال تعتمد على الحالة. أي، إذا كان على الشركة أن تحصل على مصادر إضافية لتمويل المشروعات الجديدة، فيفضل استخدام التكلفة الوسطية الموزونة الحدية لما بعد الضريبة. أما إذا كانت الكومة الكلية للأموال الاستثمارية، ومن ذلك مخصصات الاهتلاك، كافية لتغطية متطلبات التمويل الرأسمالية المستقبلية للشركة، فعندها يفضل استخدام قيمة WACC الحالية لما بعد الضريبة.

6.14 الاستئجار كمصدر لرأس المال

كما ورد في الفقرة 2.14، الاستئجار هو ترتيب تجاري تتوفر بموجبه الأصول للاستخدام دون تحمل تكاليف الاستثمار الرأسمالي الأولي للشراء. يمثل قرار استئجار الأصل أو شرائه حالة يمكن أن يؤثر معها مصدر التمويل في البديل الذي ينبغي اختياره. الاستئجار هو أحد مصادر رأس المال، ويعد عموماً بأنه من الخصوم (المطاليب) الطويلة الأجل وهو مشابه للرهن، في حين يؤدي شراء الأصل إلى استخدام الأموال التـــي تشكل في الأصل بنية رأس مال الشركة (معظمها حقوق ملكية). وقبل دراسة أمثلة لمسائل الاستئجار – الشراء، نعرض بعض المعلومات الخاصة بالاستئجار.

في الشركات المساهمة، يجري التعامل مع الإيجار الذي يُدفع مقابل الأصول المستأجرة التـــي تستخدمها في تجارتها أو أعمالها باعتباره مصاريف للقيام بالعمل. ولكي يكون التعامل مع دفعات الإيجار باعتبارها مصاريف إيجار ينبغي إبرام عقد يتضمن ترتيب استئجار حقيقي وليس مجرد عقد بيع مشروط. في الاستئجار الحقيقي، لا تحوز الشركة المساهمة مستخدمة الملكية (المستأجر) ملكية الأصل أو سنداته، أما عقود البيع المشروطة فتؤدي إلى نقل حق ملكية في الأصل المستأجر أو سنداته. لذلك تكمن معرفة ما إذا كان ينبغي التعامل مع دفعات الإيجار باعتبارها مصاريف أعمال في التمييز بين الاستئجار الحقيقي والبيع المشروط[4]. ولأغراضنا، سنفترض وجود الاستئجار الحقيقي وأنه يمكن حيازة الأصل من طريق *الاستئجار أو الشراء*.

أظهر عدد من الدراسات أنه ليست هناك فوائد حقيقية فيما يتعلق بضريبة الدخل في حالة الاستئجار. ويصح ذلك بوجه خاص بسبب السماح باستخدام طرائق تسريع الاهتلاك (مثل، نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل MACRS). وبافتراض معرفة سعر الشراء، فإن الشركة التـــي تقوم بالتأجير (المؤجر) لا يمكنها أن تخصص للاهتلاك أكثر مما يمكن أن يخصصه مالك الأصول. فإذا استؤجرت الأصول، طُرحت دفعات الإيجار السنوية من الإيرادات عند حساب ضرائب الدخل؛ أما إذا اشتُريت الأصول، فعند ذلك يُطرح الاهتلاك السنوي. وقد توفرت اليوم لدى الكثير من الشركات القناعة بأن الاستئجار قد لا يوفر لها فوائد ضريبية إضافية.

يمكن أن يؤدي الاستئجار إلى الاقتصاد في نفقات الصيانة ويمكن أن لا يؤدي إلى ذلك. حيث إن أي اقتصاد سيعتمد على الظروف الحقيقية، التـــي يجب تقييمها بحرص لكل حالة. ليس هناك شك في أن الاستئجار يؤدي عادة إلى تبسيط المسائل المتعلقة بالصيانة، وهذا يمكن أن يكون عاملاً هاماً. ويجدر بالذكر أيضاً أن حالة الملكية (الشراء) تنطوي على العديد من التكاليف غير المباشرة والتـــي غالباً ما تكون صعبة التحديد.

وقد توصلت هذه الدراسات نفسها إلى أن الفائدة الحقيقية للاستئجار تكمن في السماح للشركة بالحصول على المعدات الحديثة التـــي تتعرض لتغيرات تكنولوجية سريعة. كما أن الاستئجار يوفر في هذا الصدد وقاية فعالة من

---

[4] لمعلومات إضافية، انظر: *Tax Guide for Small Business*, U. S. Internal Revenue Service Publication 334, Published annually.

الاهتلاك المعنوي (التقادم) والتضخم.

يوضح المثال التالي الطرائق الصحيحة لمعالجة دراسة الاستئجار مقابل الشراء على أساس حسابات بعد الضريبة؛ ويستخدم التحليل الشكل الجدولي المعروض في الفصل 6 (الشكل 6-5).

مثال 5-14

يمكن شراء رافعة صناعية صغيرة (مشعبة) بمبلغ $30,000 أو استئجارها بمبلغ ثابت $9,200 في السنة تُدفع (تستحق) في *بداية* كل سنة. يشترط عقد الإيجار تحمل المؤجر لنفقات الصيانة. وتبلغ مدة الدراسة ست سنوات بقطع النظر عن شراء الرافعة أو استئجارها. إذا تم الشراء، يتوقع أن تبلغ نفقات الصيانة السنوية $1,000 بالقوة الشرائية للسنة 0، وأنها ستتضخم بمعدل 5% سنوياً خلال مدة الدراسة. أما القيمة السوقية MV للرافعة فيتوقع أن تكون مهملة بعد ست سنوات من الاستخدام العادي. يُحدَّد الاهتلاك وفق طريقة MACR (GDS) باستخدام مدة تغطية خمس سنوات (الطرح يحصل خلال ست سنوات). ويبلغ معدل الضريبة الفعلية 40%، أما معدل العائد المجزي الأدنى لما بعد الضريبة MARR، والذي يتضمن السماح بتضخم الأسعار العام فيساوي 15% سنوياً.

استخدم طريقة AW، وحدد: هل ينبغي شراء الرافعة أم استئجارها؟ علماً أن هذه الشركة هي رابحة في نشاطها الكلي.

الجدول 2.14: التدفق النقدي لما بعد الضريبة ATCF للمثال 5-14

السنة	(A) التدفق النقدي قبل الضريبة BTCF	(B) الاهتلاك[a]	(C) = (A)−(B) الدخل الخاضع للضريبة	(D) = −0.4(C) التدفق النقدي لضرائب الدخل	(E) = (A) + (D) التدفق النقدي بعد الضريبة ATCF
شراء الرافعة (الدراسة بالأسعار الجارية Actual $)[b]					
0	-$30,000				-$30,000
1	-1,050	$6,000	-$7,050	$2,820	1,770
2	-1,102	9,600	-10,702	4,281	3,179
3	-1,158	5,760	-6,918	2,767	1,609
4	-1,216	3,456	-4,672	1,869	653
5	-1,276	3,456	-4,732	1,893	617
6	-1,340	1,728	-3,058	1,227	−113
استئجار الرافعة (الدراسة بالأسعار الجارية Actual $)[c]					
0	−$9,200		−$9,200	$3,680	−$5,520
1-5	−9,200		−9,200	3,680	−5,520
6	0	0	0	0	0

[a] أعطيت معدلات MACRS في (الجدول 3.6).

[b] القيمة السنوية AW عند MARR = 15% تساوي -$6,439.

[c] القيمة السنوية AW عند MARR = 15% تساوي -$6,348.

الحل

يبين (الجدول 2.14) تأثير تضخم الأسعار العام وضرائب الدخل على التدفقات النقدية لما بعد الضريبة ATCF للبديلين. ويتضح أن بديل الاستئجار أقل تكلفة من بديل الشراء (AW = -$6,348 > -$6,436) وغالباً ما سيُختار. كما أنه في حال عدم توفر رأس المال ستفضل الشركة استئجار الرافعة. وأيضاً إذا توفر الاعتقاد بأن تقديرات نفقات الصيانة وتضخم الأسعار العام غير مؤكدة نسبياً، فإن الشركة ستميل لتفضيل الاستئجار كوقاية في مواجهة المستقبل.

إضافة إلى استخدام الأساليب الجدولية المبينة في المثال 14-5، يمكن تطوير نماذج (موديلات) تعطي نفس القيم المكافئة (مثل، القيم الحالية PW) لبدائل الاستئجار والشراء. وفيما يلي اختصار لهذه النماذج.

1.6.14 تكلفة بديل الاستئجار

تعطى تكلفة بعد الضريبة للاستئجار خلال السنة k بالعلاقة

$$l_k = L_k\,(1 - t)$$

حيث: l_k = مصروف الإيجار بعد الضريبة خلال السنة k؛

L_k = مصروف الإيجار قبل الضريبة خلال السنة k؛

t = ضريبة الدخل الفعلية.

إذا كان i، الذي يمثل MARR بعد الضريبة الذي تتوقعه الشركة من استخدام الأموال، معلوماً وثابتاً، فإن القيمة الحالية PW لتكلفة ما بعد الضريبة للاستئجار خلال عمره البالغ N سنة تعطى بالعلاقة

$$\mathrm{PW}_{Lease}(i\%) = \sum_{k=1}^{N} \frac{L_k(1-t)}{(1+i)^k} \qquad (8.14)$$

وينبغي ملاحظة عدم إدخال نفقات الصيانة السنوية في المعادلة (14-8) بسبب افتراض دفعها من قبل مورد المعدة (المؤجر) وأنها تدخل ضمناً في تكلفة الاستئجار السنوية L_k. إضافة إلى ذلك افترضنا في هذه المعادلة استخدام المصطلح المعياري للتدفق النقدي لنهاية السنة.

2.6.14 تكلفة بديل الشراء

تكلفة المعدة عند شرائها هي تابع في النفقات السنوية المتوقعة خلال عمر المعدة، وأيضاً في سعر الشراء، وفي القيمة الدفترية، وفي القيمة السوقية المتوقعة. وتعطى القيمة الحالية PW لتكلفة ما بعد الضريبة للمعدة المشتراة بالعلاقة

$$\mathrm{PW}_{Buy}(i\%) = I - \frac{\mathrm{MV}_N(1-t) + t\mathrm{BV}_N}{(1+i)^N} + \sum_{k=1}^{N} \frac{\mathrm{O\&M}_k(1-t) - d_k(t)}{(1+i)^k} \qquad (9.14)$$

حيث: I = الاستثمار الرأسمالي؛

MV_N = القيمة السوقية المتوقعة في نهاية السنة N؛

BV_N = القيمة الدفترية في نهاية السنة N؛

i = معدل الفائدة في السنة؛

N = عمر المعدة بالسنوات؛

$\mathrm{O\&M}_k$ = مصروف التشغيل والصيانة خلال السنة k؛

t = معدل ضريبة الدخل الفعلية؛

d_k = الاهتلاك خلال السنة k.

وينبغي ملاحظة أن القيمة السوقية والقيمة الدفترية وقيم الاهتلاك في المعادلة (9.14) هي قيم سالبة بسبب أنها تقلل التكاليف. وهنا أيضاً افترضنا استخدام مصطلح التدفق النقدي لنهاية السنة.

7.14 تخصيص رأس المال

ناقشنا في الفقرات 14-2 وحتـــى 14-6 تطبيقات تمويل رأس المال، التـــي تتعامل مع (1) كيف تحصل الشركة على رأس المال (ومن أية مصادر) و(2) كم من الأموال يتوفر للشركة للحفاظ على نجاح أعمال المنشأة في السنوات القادمة، وما هي تكلفة هذه الأموال.

تعد من الظواهر المستقرة في الحضارات الصناعية الحالية، تلك التـــي تتعلق بمدى قدرة المهندسين والمديرين على خلق وإنتاج الثروة عبر استخدام رأس المال (المال والملكية) في نشاطات تحول الأنواع المختلفة من الموارد إلى سلع وخدمات. وعبر التاريخ، تستهلك الأمم الصناعية الأكبر في العالم حصة كبيرة من ناتجها الإجمالي القومي سنوياً في الاستثمار في الأصول المنتجة للثروة كالمعدات والآلات (التـــي تدعى سلع الإنتاج الوسيطة intermediate goods of production).

تتناول بقية هذه الفقرة عملية صنع قرار الإنفاق الاستثماري، التـــي يشار لها أيضاً *بتخصيص رأس المال*. وتتضمن هذه العملية تخطيط وتقييم وإدارة المشروعات الرأسمالية. وفي الحقيقة، فقد تعرض معظم هذا الكتاب للمفاهيم والتقنيات اللازمة لصنع قرارات صحيحة للإنفاق الرأسمالي والتـــي تتضمن مشروعات هندسية. وتتمثل مهمتنا هنا في وضع هذه المفاهيم والتقنيات في المحيط الأوسع لمسؤولية الإدارة العليا للتخطيط السليم والقياس والرقابة على حقيبة الشركة الكلية من الاستثمارات الرأسمالية.

1.7.14 تخصيص رأس المال بين المشروعات المستقلة

تواجه الشركات بانتظام فرصاً مستقلة تمكنها من استثمار الأموال عبر المنظمة. وتمثل هذه الفرص عادة مجموعة من أفضل المشروعات التـــي تهدف إلى تحسين العمليات في جميع مجالات الشركة (مثل، التصنيع والبحث والتطوير، ألخ). وفي معظم الحالات يكون حجم رأس المال المتوفر محدوداً، ويمكن الحصول على أموال إضافية فقط بتكلفة تتزايد تصاعدياً. ويؤدي ذلك إلى مشكلة الموازنة (التخطيط المالي)، أو تخصيص رأس المال المتوفر في الاستخدامات الممكنة المتعددة.

تستخدم إحدى الطرق الشائعة لتخصيص رأس المال في المشروعات معيارَ القيمة الحالية PW الذي نوقش في الفصل 5. وإذا كانت مخاطر المشروع متساوية تقريباً، فإن الأسلوب هو بحساب القيمة الحالية PW لكل فرصة استثمارية ثم تحديد تركيب المشروعات الذي يعطي أكبر قيمة حالية PW، مع الخضوع للقيود المتعددة على توفر رأس المال. يعطي المثال التالي نظرة عامة على هذا الأسلوب.

مثال 14-6

ادرس المشروعات الأربعة المستقلة وحدِّد التخصيص الأفضل لرأس المال فيما بينها، علماً أن المبلغ المتوفر للاستثمار لا يتجاوز $300,000:

المشروع المستقل	الدفعة الرأسمالية الأولية	PW
A	$100,000	$25,000
B	125,000	30,000
C	150,000	35,000
D	75,000	40,000

الجدول 3.14: تركيبات المشروع للمثال 14-6

التركيب	PW الكلية بالآف الدولارات	رأس المال الأولي الكلي بالآف الدولارات
AB	$55	$225
AC	60	250
AD	65	175
BC	65	275
BD	70	200
CD	75	225
ABC	90	375
ACD	100	325
BCD	105	350
ABD	95	300 الأفضل
ABCD	130	450

الحل

يبين (الجدول 3.14) جميع التركيبات الممكنة لهذه المشروعات المستقلة سواء كانت تتألف من مشروعين أم ثلاثة أم أربعة معاً، كما يبين الجدول أيضاً القيمة الحالية PW الكلية ورأس المال الأولي لكل منها. وبعد حذف التركيبات التي لا تحقق شرط قيد التمويل المحدود بـ $300,000 فإن الاختيار المناسب من المشروعات هو ABD، والقيمة الحالية الكبرى هي $95,000. ويمكن إنجاز عملية تعداد تركيبات المشروعات التي تنطوي على مخاطر متطابقة تقريباً بوجه أفضل باستخدام الكمبيوتر في تقييم الأعداد الكبيرة من المشروعات.

ويبدو أن طرائق تحديد المشروعات الممكنة التي تتطلب تخصيص الأموال المتوفرة تتطلب استخدام الحكم الشخصي في معظم الحالات الواقعية. ويبين المثال 14-7 هذه المسألة والطرائق الممكنة للحل.

مثال 14-7

نفترض توفر خمسة فرص استثمارية (مشروعات) لشركة ما، يبين (الجدول 4.14) المبالغ التي تحتاجها هذه المشروعات من رأس المال وكذلك الأعمار الاقتصادية ومعدلات العائد الداخلية IRR المتوقعة بعد الضريبة لكل منها. ونفترض أيضاً أن هذه المشروعات الخمسة مستقلة بعضها عن بعض، أي إن الاستثمار في أحدها لا يمنع الاستثمار في المشروعات المتبقية، كما لا يعتمد أي منها على تنفيذ الآخر.

ونفترض أيضاً توفر رأس مال غير محدود لدى الشركة، أو على الأقل توفر الأموال التـي تكفي لتمويل هذه المشروعات الخمسة معاً، وأن تكلفة أموال رأس مال الشركة 6% في السنة بعد الضرائب. بتوفر هذه الظروف، غالباً ما يمكن للشركة أن تقرر تنفيذ كل المشروعات التـي تحقق معدلاً للعائد يتجاوز 6% في السنة، وهكذا ستُموَّل المشروعات A وB وC وD. ومثل هذا الاستنتاج سيفترض أيضاً أن المخاطر المرتبطة بكل مشروع هي ضمن الحدود المعقولة في ضوء معدلات العائد IRR المتوقعة أو أنها ليست أعلى من تلك التـي يمكن مواجهتها في المشروعات المعتادة لدى الشركة.

الجدول 4.14: المشروعات المتوقعة للشركة[a]

المشروع	الاستثمار الرأسمالي	العمر (سنوات)	معدل العائد (% في السنة)
A	$40,000	5	7
B	15,000	5	10
C	20,000	10	8
D	25,000	15	6
E	10,000	4	5

[a] افترضنا أن معدلات العائد لهذه المشروعات يمكن أن تتكرر بصفة لا نهائية بواسطة استبدالات لاحقة.

ولكن ولسوء الحظ، في معظم الحالات يكون حجم المال محدوداً، إما بمبلغ إجمالي مطلق أو بتكلفة متزايدة للحصول عليه. فإذا كانت الأموال الرأسمالية الكلية المتوفرة $60,000، فإن القرار يصبح أكثر صعوبة. ويساعد في هذه الحالة ترتيب المشروعات وفق *تناقص* ربحيتها كما يبين (الجدول 5.14) (حُذف المشروع E غير المقبول). وتصبح الصعوبة واضحة في هذه الحالة. والتصرف الطبيعي يتمثل في الرغبة في تنفيذ المشروعات التـي تتضمن أكبر فرصة كامنة للربح. فإذا اخترنا المشروعين B وC مثلاً، فلن يكون هناك رأس مال إضافي كافٍ لتمويل المشروع A، الذي يعطي معدل العائد الأكبر التالي. إلا أنه من الممكن تنفيذ المشروعات B وC وD وستوفر تقريباً عائداً سنوياً يساوي $4,600، ($15,000 × 10% + $20,000 × 8% + $25,000 × 6% =) أما إذا اخترنا المشروع A، مع أي من المشروعين B أو C، فإن العائد السنوي الكلي لن يتجاوز $4,600[5]. ويظهر هنا أيضاً عامل آخر للصعوبة يتمثل في حقيقة أن المشروع D يتضمن عمراً أطول من المشروعين الآخرين. وهكذا يظهر لنا بوضوح أنه قد لا يمكننا على الدوام صنع القرار باختيار البديل الذي يوفر أقصى ربح كامن.

الجدول 5.14: المشروعات المتوقعة في الجدول 4.14 مرتبة وفق IRR

المشروع	الاستثمار الرأسمالي	العمر (سنوات)	معدل العائد (% في السنة)
B	$15,000	5	10
C	20,000	10	8
A	40,000	5	7
D	25,000	15	6

هذا وتصبح مشكلة تخصيص رأس المال المحدود أكثر تعقيداً عندما لا تكون المخاطر المرتبطة بالمشروعات المختلفة المتوفرة للتمويل متساوية. فإذا افترضنا أننا توصلنا إلى أن المخاطرة المرتبطة بالمشروع B أعلى من المخاطرة الوسطية

[5] أُعطي هذا الرقم لمبلغ العائد بافتراض أن رأس المال المتبقي حتـى الوصول إلى رأس المال المتوفر لا يمكن أن يحقق أكثر من 6% سنوياً.

المرتبطة بالمشروعات التـــي تتبناها الشركة عادة وأن تلك المرتبطة بالمشروع C أقل من هذه المخاطرة الوسطية. ففي هذه الحالة قد تقوم الشـــركة بترتيب المشروعات وفق الرغبة الكلية للشـــركة في كل منها، وذلك كما هو وارد في (الجدول 6.14). وهكذا، وضمن هذه الشروط، يمكن أن تقرر الشركة تمويل المشروعين C وA، وبذلك تتجنب مشـــروعاً واحداً بمخاطرة أعلى من المخاطرة الوسطية وآخر له أقل عائد متوقع وأطول عمر في المجموعة.

الجدول 6.14: المشروعات المتوقعة في الجدول 5.14 مرتبة وفق الرغبة الكلية في كل منها

المشروع	الاستثمار الرأسمالي	العمر (سنوات)	معدل العائدة (% في السنة)	معدل المخاطرة
C	$20,000	10	8	منخفضة
A	40,000	5	7	متوسطة
B	15,000	5	10	عالية
D	25,000	15	6	متوسطة

2.7.14 صيغ البرمجة الخطية لمسائل تخصيص رأس المال

في حالة وجود أعداد كبيرة من الاستثمارات المستقلة أو المتعلقة بعضها ببعض (المشروطة)، فإن "القوة الطبيعية brute force" لتعداد وتقييم جميع التركيبات من المشروعات تصبح غير عملية وفق ما يبين المثال 7.14. وتقدم هذه الفقرة وصفاً لأسلوب رياضي يحدد بكفاءة المجموعة المثلى من المشروعات في مسائل تخصيص رأس المال الصناعي (الشكل 1.14). وسنعرض فقط تشكيل هذه المسائل في هذه الفقرة؛ أما حلها فيقع خارج نطاق هذا الكتاب.

نفترض أن هدف الشركة يتمثل في تعظيم القيمة الحالية الصافية PW فيها عبر تبنـــي موازنة رأسمالية تتضمن عدداً كبيراً من التركيبات الاستبعادية من المشروعات. وعندما يصبح عدد التركيبات الممكنة كبيراً، فإن الطرائق العددية لتحديد خطة الاستثمار الأمثل تميل لتصبح أكثر تعقيداً وأكثر استهلاكاً للوقت، وهذا ما يبرر دراسة البرمجة الخطية كأسلوب للحل. وتصف بقية هذه الفقرة كيف يمكن صياغة مسائل تخصيص رأس المال البسيطة كمسائل برمجة خطية. والبرمجة الخطية هي أسلوب رياضي لتعظيم (أو تصغير) (إيجاد القيمة العظمى أو القيمة الصغرى*) تابع الهدف الخطي objective function، الذي يخضع لمعادلة أو أكثر من معادلات القيود الخطية. وكلنا أمل في هذا الصدد أن يتوفر لدى القارئ بعض الشعور بالعدد الأكبر من المسائل التـــي يمكن أيضاً صياغتها وفق هذه الطريقة.

البرمجة الخطية هي تقنية مفيدة لحل أنواع معينة من *مسائل تخصيص رأس المال* المتعدد المدد وذلك عندما لا تكون الشركة قادرة على تنفيذ جميع المشروعات التـــي قد تزيد قيمتها الحالية PW. فمثلاً، توجد عادة القيود المتعلقة بحجم المال الاستثماري الذي يمكن توفيره خلال كل سنة مالية، كما أن العلاقات الداخلية بين المشروعات قد تؤثر في مدى إنجاز أي من المشروعات بنجاح خلال مدة التخطيط.

يمكن كتابة *تابع الهدف* لمسألة تخصيص رأس المال كما يلي

$$\text{Maximize net PW} = \sum_{j=1}^{m} B_j^* X_j$$

حيث: B_j^* = القيمة الحالية الصافية PW لفرصة الاستثمار (المشروع) j خلال مدة التخطيط المدروسة؛

* العبارة بين القوسين أضيفت لتوضيح المعنـــى. (المترجم)

X_j = تابع المشروع j المنفذ خلال مدة التخطيط (ملاحظة: في معظم المسائل ذات الصلة، X_j ستكون إما 0 أو 1؛ وقيم X_j هي متغيرات القرار)؛

m = عدد التركيبات الاستبعادية من المشروعات التـــي هي في قيد الدراسة.

وبغية حساب القيمة الحالية الصافية PW لكل تركيب استبعادي من المشروعات، يجب تحديد MARR.

تستخدم الرموز التالية في كتابة القيود لنموذج البرمجة الخطية:

c_{kj} = الدفعة النقدية (مثل، الاستثمار الرأسمالي الأولي أو موازنة التشغيل السنوية) اللازمة للمشروع j في المدة k؛

C_k = الدفعة النقدية العظمى المسموح بها في المدة k.

وبشكل نموذجي هناك نوعان من القيود يمكن مواجهتها في مسائل موازنة رأس المال:

1. *القيود على الدفعات النقدية للمدة k في الأفق الزمنـــي للتخطيط:*

$$\sum_{j=1}^{m} c k_j X_j \leq C_k$$

2. العلاقات بين المشروعات، وفيما يلي أمثلة منها:

(أ) إذا كانت المشروعات p وq وr استبعادية، عندئذ

$$X_p + X_q + X_r \leq 1$$

(ب) إذا كان المشروع r يمكن تنفيذه فقط إذا اختير المشروع s، عندئذ

$$X_r \leq X_s \quad or \quad X_r - X_s \leq 0$$

(ج) إذا كان المشروعان u وv استبعاديان والمشروع r يعتمد على قبول u وv معاً، عندئذ

$$X_u + X_v \leq 1$$
$$and \quad X_r \leq X_u + X_v$$

وفيما يلي عرض المثالين 14-8 و14-9 وذلك لتوضيح كيفية صياغة نماذج البرمجة الخطية لمسائل تخصيص رأس المال.

مثال 14-8

تُدرس خمســـة مشروعات هندســـية لتنفيذها في مدة الموازنة القادمة. ويلخص الجدول الآتـــي العلاقات الداخلية بين هذه المشروعات والتدفقات النقدية الصافية لكل منها:

المشروع	التدفق النقدي بالآف الدولارات لنهاية السنة k					القيمة الحالية عند MARR = 10% في السنة
	0	1	2	3	4	
B1	-50	20	20	20	20	13.4
B2	-30	12	12	12	12	8.0
C1	-14	4	4	4	4	-1.3
C2	-15	5	5	5	5	0.9
D	-10	6	6	6	6	9.0

إن المشروعين B1 وB2 استبعاديان، والمشروعين C1 وC2 استبعاديان ويعتمدان على قبول B2. وأخيراً يعتمد تنفيذ المشروع D على قبول المشروع C1.

والمطلوب تحديد التركيب الأفضل من المشروعات باستخدام طريقة PW عند MARR = 10% في السنة، وذلك إذا

كان توفر رأس المال محدوداً بمبلغ $48,000.

الحل

فيما يلي كتابة تابع الهدف وقيود المسألة:

القيمة العظمى لـ

$$\text{Net PW} = 13.4\,X_{B1} + 8.0\,X_{B2} - 1.3\,X_{C1} + 0.9\,X_{C2} + 9.0\,X_D$$

الخاضعة لـ

$$50\,X_{B1} + 30\,X_{B2} + 14\,X_{C1} + 15\,X_{C2} + 10\,X_D \leq 48$$

(قيد على الأموال الاستثمارية المتوفرة)

$$X_{B1} + X_{B2} \leq 1$$

(B1 وB2 استبعاديان)

$$X_{C1} + X_{C2} \leq X_{B2}$$

(يعتمد تنفيذ C1 أو C2 على تنفيذ B2)

$$X_D \leq X_{C1}$$

(D يعتمد على C1)

$$X_j = 0 \text{ or } 1 \text{ for } j = \text{B1, B2, C1, C2, D}$$

(لا يسمح بتنفيذ جزء من مشروع)

ويمكن حل مسألة كهذه بسهولة باستخدام طريقة المبسَّط (السيمبلكس simplex) في البرمجة الخطية وذلك في حال عدم وجود القيد الأخير ($X_j = 0$ or 1). وبذلك القيد، تصنَّف المســألة كمسألة برمجة خطية صحيحة *integer*. (وهذا ويتوفر عدد من برامج الكمبيوتر لحل مسائل البرمجة الخطية الصحيحة الكبيرة).

مثال 14-9

لنأخذ مسألة تخصيص رأس المال ذات المدد الثلاث والتـــي يبين (الجدول 7.14) تقديرات التدفق النقدي الصافية لكل منها. قيمة MARR تبلغ 12% في السنة وسقف الأموال الاستثمارية المتوفرة يبلغ $1,200,000. وإضافة إلى ذلك، هناك قيد على حجم الأموال المتوفرة للتشغيل لدعم التركيب الذي سيُختار من المشروعات بحيث يجب ألا يتجاوز $400,000 في السنة 1. انطلاقاً من هذه القيود على الأموال الأولية والعلاقات الداخلية بين المشروعات المبينة في (الجدول 7.14)، سنصوغ هذه الحالة بدلالة مسألة البرمجة الخطية الصحيحة.

الحل

أولاً، تُحسب القيمة الحالية الصافية PW لكل فرصة استثمار عند 12% في السنة (الجدول 7.14). ويصبح تابع الهدف

$$\text{Maximize net PW} = 135.3\,X_{A1} + 146.0\,X_{A2} + 119.3\,X_{A3} + 164.1\,X_{B1} + 151.9\,X_{B2} + 8.7\,X_{C1} - 13.1\,X_{C2} + 2.3\,X_{C3}$$

أما قيود الموازنة فهي كما يلي:

قيد أموال الاستثمار:

$$225\,X_{A1} + 290\,X_{A2} + 370\,X_{A3} + 600\,X_{B1} + 1{,}200\,X_{B2} + 160\,X_{C1} + 200\,X_{C2} + 225\,X_{C3} \leq 1{,}200$$

قيد تكلفة تشغيل السنة الأولى:

$$60\,X_{A1} + 180\,X_{A2} + 290\,X_{A3} + 100\,X_{B1} + 250\,X_{B2} + 80\,X_{C1} + 65\,X_{C2} + 100\,X_{C3} \leq 400$$

الجدول 7.14: العلاقات الداخلية بين المشروعات والقيم الحالية PW (المثال 14-9)

المشروع		التدفق النقدي الصافي بالآف الدولارات، نهاية السنة[a] 0	1	2	3	القيمة الحالية الصافيةPW بالآف الدولارات عند 12% في السنة[b]
A1	استبعادية	-225	150 (60)	150 (70)	150 (70)	+135.3
A2	استبعادية	-290	200 (180)	180 (80)	160 (80)	+146.0
A3	استبعادية	-370	210 (290)	200 (170)	200 (170)	+119.3
B1	مستقلة	-600	100 (100)	400 (200)	500 (300)	+164.1
B2	مستقلة	-1,200	500 (250)	600 (400)	600 (400)	+151.9
C1	استبعادية وتعتمد على قبول A1 أو A2	-160	70 (80)	70 (50)	70 (50)	+8.1
C2	استبعادية وتعتمد على قبول A1 أو A2	-200	90 (65)	80 (65)	60 (65)	-13.1
C3	استبعادية وتعتمد على قبول A1 أو A2	-225	90 (100)	95 (60)	100 (70)	+2.3

[a] التقديرات ضمن الأقواس هي نفقات التشغيل السنوية (والتـــي تم طرحها مسبقاً في تحديد التدفقات النقدية الصافية).

[b] على سبيل المثال، القيمة الحالية الصافية. net PW (A1) = - \$225,000 + \$150,000 (*P/A*, 12%, 3) = +\$135,300

تعطي العلاقات بين فرص الاستثمار القيود التالية على المسألة:

$X_{A1} + X_{A2} + X_{A3} \leq 1$ A1 وA2 وA3 استبعادية

$X_{B1} \leq 1$ ، $X_{B2} \leq 1$ B1 و B2 مستقلان

$X_{C1} + X_{C2} + X_{C3} \leq X_{A1} + X_{A2}$ الأخذ بالحسبان اعتماد C1 وC2 وC3 (والتـــي هي استبعادية) على A1 أو A2

أخيراً، إذا كان من المطلوب أن تأخذ متغيرات القرار جميعها إحدى القيمتين 0 (ليست ضمن الحل الأمثل) أو 1 (متضمنة في الحل الأمثل)، فإن القيد الأخير على المسألة يمكن كتابته بالشكل

$$X_j = 0, 1 \text{ for } j = A1, A2, A3, B1, B2, C1, C2, C3.$$

ويمكن هنا أن نرى أن مسألة بسيطة كهذه قد تتطلب حجماً كبيراً من الوقت للحل عبر ترتيب وتقييم جميع التركيبات الاستبعادية، على النحو الوارد في الفصل 5. ولذلك يوصى باستخدام برنامج كمبيوتر مناسب للحصول على حلول جميع مسائل تخصيص رأس المال باستثناء الأكثر بساطة منها.

8.14 نظرة على عملية موازنة رأس المال النموذجية في الشركات المساهمة

هناك دائماً إمكانية أن يكون طالب الاقتصاد الهندسي قد انغمس في متاهة من التفصيلات عند هذه النقطة وهذا قد يؤدي إلى فقدانه للنظرة إلى "بيئة الشركة" التـي تُنجز فيها أنواع مختلفة من الحسابات لتقييم النفقات الرأسمالية المقترحة. لذا فإن ما تبقى من هذا الفصل يهدف إلى التركيز على كيفية استخدام نتائج تحليلات الاقتصاد الهندسي في عملية موازنة رأس المال على مستوى الشركة. وعلى الطالب أن يعير اهتماماً خاصاً إلى كيفية استخدام المقاييس المالية، كالقيمة الحالية ومعدل العائد الداخلي في عملية موازنة رأس المال ضمن الشركة.

تتألف عملية موازنة رأس المال النموذجية في الشركة المساهمة من خطوات متعددة مترابطة فيما بينها:

1. التخطيط الأولي وتكلفة رأس المال؛
2. موازنة رأس المال السنوية وحزمة المشروعات المقترحة؛
3. سياسات الإنفاق الرأسمالي وأساليب التقييم؛
4. تنفيذ المشروع ومراجعة سجلات ما بعد التنفيذ؛
5. الاتصال... [illegible]

1.8.14 التخطيط الأولي وتكلفة رأس المال

لا بد من القيام بحجم كبير من التخطيط قبل إمكانية صنع قرارات تمويل وتخصيص رأس المال. ويتمثل الغرض الرئيسي لتخطيط نفقات رأس المال في التوثق من إمكانية تحقيق الأهداف البعيدة المدى للمنظمة. وتربط هذه الأهداف البعيدة المدى والخطط الاستراتيجية بطريقة مباشرة خطط الأرباح بموازنات رأس المال. ومع أن مدد الموازنة تمتد من 3 إلى 10 سنوات، فإن معظم الشركات الكبيرة والمتوسطة الحجم تستخدم التخطيط لمدة خمس سنوات، أما الشركات الصغيرة الحجم فتستخدم مدة من ثلاث إلى خمس سنوات.

في التخطيط البعيد المدى، تقرر الشركة الحجمَ الذي ترغب أن تكونه، وكذلك سرعة النمو التـي تريد تحقيقها، وما هو حجم المال الذي تحتاجه، وكيف يمكنها الحصول على المال الاستثماري الذي تحتاجه. وكما نوقش سابقاً فإن الحصول على هذه الأموال من مصادر داخلية أو خارجية يحدد تكلفة رأس المال. وأيضاً ووفق ما شرحنا سابقاً فإن أكثر الطرائق شيوعاً لتحديد تكلفة رأس المال هي التكلفة الوسطية الموزونة لما بعد الضريبة لمكونات الدين وحقوق الملكية في بنية رأس المال.

وتستخدم بعض الشركات التكلفة الوسطية الموزونة لتكلفة رأس المال باعتبارها MARR لتخطيط الإنفاق الرأسمالي، إلا أن شركات أخرى تستخدمها كنقطة بداية في حساب قيمة MARR لكل قسم من أقسامها. والنهج الأخير يسود بدرجة أكبر في الشركات المتوسطة الحجم، مع أن معظم الشركات تميل لاستخدام معدل واحد لكامل الشركة. ويجري تحديث تكلفة رأس مال الشركة دورياً مع تغير المزيج من الأموال المملوكة والمقترضة.

2.8.14 موازنة المشروعات الرأسمالية السنوية وحزمة المشروعات المقترحة

يتمثل الأسلوب المعتاد لتحديد موازنة المشروعات الرأسمالية السنوية في الشركة في قيام المديرين في مستوى الأقسام أو الوظائف بوضع قائمة من المشروعات المقترحة. ومع رفع هذه المشروعات ضمن التسلسل الهرمي للمنظمة، يُحذف بعضها ويضاف بعضها الآخر. ولمساعدة الإدارة في عملية موازنة رأس المال، ينبغي أن تُصنَّف المشروعات المقترحة بأسلوب ما. وبقطع النظر عن حجم الشركة، فإن الطريقتين الأكثر انتشاراً لتصنيف المشروعات المقترحة هما وفق قسم التشغيل (نوع المشروع وغرضه) ووفق حجم المشروع بالدولارات.

بعد تصنيف المشروعات، من الضروري ترتيبها ضمن الحزمة وفق معايير اختيار متعددة. ويجري ترتيب ربحية رأس المال المستثمر والاستجابة للاستراتيجية والأهداف البعيدة المدى لأعمال الشركة عادة باعتبارهما أعلى معيارين للترتيب. وتستخدم ثلاث طرائق غالباً من قبل الشركات لقياس الجدوى الاقتصادية في مراحل التخطيط للمشروع وهي مدة الاسترداد، ومعدل العائد الداخلي IRR، والقيمة الحالية PW. وتُحذف المشروعات التـي تكون مدة الاسترداد لها طويلة، أو معدل العائد الداخلي لها منخفضاً، أو القيمة الحالية غير مقبولة من الدراسة الإضافية ما لم تتوافر ظروف مخففة لإبقائها في حزمة المشروعات (مثل، المشروعات التـي لا بد من تمويلها لضمان التقيد بمتطلبات قانونية).

وسيكون لدى الشركة سنوياً بعض المشروعات التـي يمكن أن تدعى *غير اقتصادية noneconomic*. والمشروع غير الاقتصادي هو المشروع الذي يتطلب استثماراً رأسمالياً، ولكنه يحقق عائداً مالياً قليلاً أو لا يحقق أي عائد مالي. وتفصل معظم الشركات بين المشروعات الاقتصادية وغير الاقتصادية عندما تطلب التمويل. وبالإضافة إلى ذلك، تقسم بعض الشركات المشروعات غير الاقتصادية إلى أصناف مختلفة مثل مشروعات الاستدامة والنظافة والبيئة والسلامة والصحة والإدارة.

ولأسباب مختلفة لا تُقبَل جميع المشروعات الرابحة. كما يمكن رفض المشروع في مرحلتين من عملية موازنة رأس المال، الأولى في مرحلة التخطيط والاختيار، والثانية في مرحلة التنفيذ. ومع أن إنتاجية رأس المال تعد عاملا هاماً، فإن السببين الرئيسيين لرفض المشروع المقترح في أي من المراحل هما عدم التوافق مع أهداف الشركة وعدم توفر رأس المال.

وكما هو متوقع وخاصة في الشركات الكبيرة تصادق الإدارة العليا ومجلس الإدارة عادة على الموازنة الرأسمالية الكلية؛ على حين يترك لمديري الأقسام والوظائف القرار المتعلق بتخصيص رأس المال على معظم المشروعات المنفردة.

3.8.14 سياسات الإنفاق الرأسمالي وأساليب التقييم

يمكن تقسيم سياسات وأساليب إنفاق رأس المال إلى قسمين عريضين: (1) مستويات موافقة الإدارة على المشروعات من حجوم مختلفة و(2) رقابة الإدارة على إنفاقات رأسمالية معينة.

وهناك ثلاث خطط نموذجية لتفويض المسؤولية الإدارية للموافقة على المشروعات وهي:

1. يعطى القسم صلاحية الموافقة على المشروع إذا نتج عن تحليل قسم التشغيل بأن المشروع المقترح جيد بشكلٍ واضح وفق معايير القبول الاقتصادي، وذلك ما دام من الممكن تحقيق السيطرة على الحجم الإجمالي المستثمر في كل قسم وما دامت تحليلات القسم موثوقة.
2. يعطى القسم صلاحية تخصيص أموال للمشروعات التـي تمثل تنفيذاً لسياسات محددة سلفاً من قبل مراكز القيادة، كالاستبدالات الروتينية، وذلك ضمن حدود رقابة مناسبة.

3. عندما يتطلب المشروع التزاماً كلياً يتجاوز حجماً معيناً، يرسل الطلب بذلك إلى المستويات الأعلى ضمن المنظمة. ويُربط هذا الطلب عادة مع حدود الموازنة التـــي تحدد الاستثمار الكلي الأقصى الذي يمكن أن يقوم به القسم ضمن مدة الموازنة.

لتوضيح فكرة الاستثمار الأكبر الذي يتطلب موافقة إدارية أعلى، فإن الحدود التـــي تضعها إحدى الشركات يمكن أن تكون كما يلي:

إذا كان الاستثمار الرأسمالي الكلي ...		
أكثر من	ولكن أقل من أو يساوي	فإن الموافقة المطلوبة تكون من
$5,000	$100,000	مدير المصنع
100,000	1,000,000	نائب رئيس القسم
1,000,000	2,500,000	الرئيس
2,500,000	—	مجلس الإدارة

والغرض من هذه السياسات هو جعل عملية تخطيط ومراقبة الإنفاق الرأسمالي انسيابية عبر تفويض الصلاحية لمستويات الإدارة المختلفة في الموافقه على المشروعات التـــي يمكن تنفيذها بفعالية ضمن هذه المستويات. وهذه الانسيابية تسمح للإدارة العليا بالتركيز على الطلبات الرأسمالية التـــي هي أكثر أهمية.

وتتحمل الإدارة العليا المسؤولية الأساسية عن وضع سياسات الإنفاق الرأسمالي، أما مسؤولية تطوير معايير الاختيار الاقتصادية الجيدة فإنها تختلف بين المنظمات. وبقطع النظر عن المجموعة التـــي تطور هذه المعايير، فإنها تطبق عندما يتم اقتراح المشروع وكذلك عندما يصبح جاهزاً للتنفيذ.

4.8.14 تنفيذ المشروع ومراجعة سجلات ما بعد التنفيذ

يمكن أن تكون مدة تنفيذ المشروع قصيرة أو طويلة جداً، وتقع مسؤولية تنفيذ المشروع عادة على إدارة القسم وعلى راعي المشروع. ويجب أن يُقدَّم طلب تخصيص (Appropriation Request AR) والحصول على الموافقة وذلك قبل تنفيذ المشروع بمدة تقع بين شهرين وستة أشهر. وخلال تنفيذ المشروع، يُقدَّم عادة تقرير متابعة دوري إلى المستويات الملائمة من الإدارة. ويستخدم هذا التقرير للتأكد أن المشروع يُنفَّذ وفق المخطط وأن الإدارة مطلعة على أية مشاكل يمكن أن تظهر. ويحدث عادة زيادة في تكلفة المشروع نتيجة لصعوبة تقدير التدفقات النقدية المستقبلية. وتسمح معظم الشركات ببعض الزيادة (لنقل 10%) دون الحاجة إلى تقديم طلب تخصيص AR جديد.

وتتولى إدارة القسم في معظم الشركات المسؤولية عن إجراء مراجعة ما بعد التنفيذ بعد وصول المشروع إلى حالة التشغيل. (انظر الخطوة 7 من أسلوب تحليل الاقتصاد الهندسي في الفقرة 4.1). وتنطوي هذه المراجعة عادة على خبرة تعلم بناءة تتضمن مراجعة عمليات المشروع وأداءه المالي. أما الأهداف الرئيسية لتقييم ما بعد التنفيذ فهي (1) تحديد ما تحقَّق من أهداف المشروع، (2) اكتشاف درجة التوافق بين التنفيذ الفعلي والمخطط والتحقق، وأين حدثت التغييرات، (3) تشجيع الحصول على تقديرات أكثر حرصاً في الاقتراح الأصلي، (4) التعلم من النتائج وتحديد المشكلات وتحفيز الحصول على تقديرات أفضل في المستقبل. ويكون التقييم اللاحق للتنفيذ خلال مدة تقع بين ثلاثة أشهر إلى سنتين بعد بداية التشغيل، ولكنه يكون عادة بعد سنة من التشغيل.

5.8.14 الاتصال

إذا كان من المفروض انتقال المشروعات المقترحة من وحدة تنظيمية إلى أخرى لمراجعتها، فينبغي أن تتوفر وسائل اتصال فعالة يمتد مجالها من الاستمارات النموذجية وحتـــى المظاهر الشخصية. يفضل استخدام استمارات (نماذج) معيارية قدر الإمكان عند إيصال المشروعات المقترحة إلى المستويات الأعلى في البنية الإدارية وذلك للمساعدة في توحيد واكتمال المعلومات والتقييم. وبوجه عام، يجب توصيف الجوانب التقنية والتسويقية لكل مشروع مقترح توصيفاً كاملاً بالأسلوب الأكثر ملاءمة لكل حالة. وينبغي جعل الملخصات المالية لجميع المقترحات معيارية بحيث يمكن تقييمها بأسلوب متسق ومناسب.

9.14 الخلاصة

تضمن هذا الفصل إلقاء نظرة على وظيفتـــي تمويل رأس المال وتخصيصه، وكذلك على عملية موازنة رأس المال الكلية. وفي مناقشتنا لتمويل رأس المال تعاملنا مع أسئلة من قبيل، من أين تحصل الشركات على أموالها للاستمرار في النمو والازدهار؟ وكم يكلفها الحصول على هذه الأموال؟ كما تضمن الفصل أيضاً مناقشة التكلفة الوسطية الموزونة لرأس المال. وفي هذا الصدد، وضحنا الفروق بين رأس المال المقترض ورأس المال المملوك. شرحنا الاستئجار كمصدر لرأس المال، وحلّلنا مثالاً للاستئجار مقابل الشراء.

عالجنا موضوع تخصيص رأس المال بين الفرص الاستثمارية المستقلة انطلاقاً من رؤيتين هامتين. تتمثل الأولى في أن الاهتمام الأساسي لعملية الإنفاق الرأسمالي هو ضمان استمرار حياة الشركة نتيجة تنفيذ الأفكار التـــي تزيد ثروة المساهم المستقبلية، ويكافئ ذلك زيادة القيمة الحالية PW للمساهم. أما الثانية فهي أن تحليل الاقتصاد الهندسي يؤدي دوراً حيوياً في صنع القرار المتعلق بالمشروعات التـــي يوصى بالموافقة على تمويلها والتـــي تقع ضمن حزمة مشروعات الشركة الكلية.

10.14 المراجع

Baumol, W. J., and R. E. Quandt. "Investment and Discount Rates Under Capital Rationing—A Programming Approach," *Economic Journal*, vol. 75, no. 298, June 1965, pp. 317–329.

Bernard, R. H. "Mathematical Programming Models for Capital Budgeting—A Survey, Generalization, and Critique," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 4, no. 2, 1969, pp. 111–158.

Bussey, L. E., and T. G. Eschenbach. *The Economic Analysis of Industrial Projects*, 2nd ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1992).

Gurnani, C., "Capital Budgeting: Theory and Practice," *The Engineering Economist*, vol. 3, no. 1 (Fall 1984), pp. 19–46.

Levy, H., and M. Sarnat. *Capital Investment and Financial Decisions*, 2nd ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1983).

Park, C. S., and G. P. Sharpe-Bette. *Advanced Engineering Economics*, (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1990).

Weingartner, H. M. *Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting Problems* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1963).

11.14 مسائل

الرقم بين القوسين ( ) الوارد في نهاية كل مسألة يشير إلى الفقرة التـــي تعود لها المسألة.

1.14 اشرح كيف تؤثر عمليات تمويل وتخصيص رأس المال على ممارسة الاقتصاد الهندسي. (14-1)

2.14 لماذا تفترض معظم تحليلات الاقتصاد الهندسي عادة أن تمويل المشروع الاستثماري هو من الكومة الكلية للأموال المتوفرة لدى الشركة بدلاً من مصدر محدد من رأس المال (مثل، رأس المال المملوك مقابل رأس المال المقترض)؟ (14-2)

3.14 عدد خمسة مصادر ممكنة للشركة المساهمة للحصول على الأموال وذلك لتمويل المشروعات الرأسمالية والعمليات المستمرة. (14-2)

4.14 اشرح باختصار الخطوات الخمس الأساسية المتعلقة بعملية موازنة رأس المال. (14-8)

5.14

أ. ما هو رأس المال المملوك، و كيف يختلف عن رأس المال المقترض؟ (14-2)

ب. لماذا يحصل مالكو السندات في المتوسط على معدل عائد أقل مما يحصل عليه مالكو الأسهم العادية في نفس الشركة المساهمة؟ (14-2 ,14-3)

6.14

أ. عدد على الأقل أربع خصائص للشركة المساهمة. (14-4)

ب. ما هي الفوائد الممكنة للشركة من استئجار الأصول؟ (14-2 ,14-6)

7.14

أ. ما هي تكلفة الإيرادات المحتجزة؟ لماذا؟ (14-4)

ب. كيف علينا أن ننظر إلى تكلفة الأموال المخصصة للاهتلاك؟ لماذا؟ (14-5)

8.14 باعت شركة مساهمة إصداراً من السندات مدته 20 عاماً وقيمته الاسمية الإجمالية $5,000,000، بمبلغ $4,750,000. وتبلغ فائدة السندات 10% تدفع بشكل نصف سنوي. ترغب الشركة في إنشاء صندوق رصيد سداد لسداد الإصدار من السندات حيث ستُخصَّص دفعات نصف سنوية تحقق فائدة 8%، وتركب كل نصف سنة. احسب التكلفة نصف السنوية اللازمة لتغطية الفائدة ولسداد قيمة هذه السندات. (14-3)

9.14 يباع السهم العادي لشركة تصنيع يوج Yog حالياً بسعر $32 للسهم الواحد، وثبتت التوزيعات السنوية للسهم الواحد عند $2.40. إذا اعتقد المستثمر أن سعر السهم العادي سينمو بمعدل 5% سنوياً في المستقبل المنظور، فما هي التكلفة التقريبية لملكية السهم العادي ليوج؟ ما هي الفرضيات التـــي وضعتها؟ (14-4)

10.14 لدى شركة مساهمة صغيرة رأس مال مقداره $200,000، وهو عبارة عن 2,000 سهم عادي، وتمارس هذه الشركة العمل منذ خمس سنوات. وخلال هذه المدة، لم تدفع الشركة أية توزيعات وذلك لتتمكن من تمويل نموها عبر الإيرادات المحتجزة. تحتاج الشركة الآن إلى رأس مال إضافي يبلغ $100,000 لتمويل التوسع. وتدرس ثلاث طرق للحصول على رأس المال: (1) محاولة إصدار أسهم عادية جديدة بقيمة $100,000؛ (2) الاقتراض من المصرف بمعدل فائدة 8%؛ (3) بيع سندات مدتها خمس سنوات بفائدة 7% مع قيد عدم تحمل أية مديونية إضافية خلال عمر إصدار السند. ناقش باختصار الإيجابيات والسلبيات لكل طريقة من طرائق التمويل المذكورة. (14-2 ,14-3 ,14-4)

11.14 عد للمسألة 14-8. بافتراض أن نفقات البيع الأولية لإصدار السند تبلغ 1.17% من قيمته الاسمية؛ وأن النفقات الإدارية السنوية لخدمة إصدار السند تبلغ 3.1% من تكاليف الفائدة السنوية؛ وأن معدل الضريبة الحدية (الفعلية) للشركة يبلغ 39.6%. استناداً إلى هذه المعلومات الإضافية، ما هي تكلفة رأس المال لما بعد الضريبة للشركة المساهمة المصدرة للسند؟ (14-3)

12.14 بالعودة إلى المثال 14-5. إذا كانت نفقات الصيانة السنوية تقع بين $800 و$1,300 في السنة وأن التضخم يمكن أن يكون بين 3% إلى 8% في السنة (كما يبين الجدول الآتـي)، هل ينبغي شراء الرافعة أم استئجارها لكل تركيب من القيم الحدية؟ (14-6)

الصيانة السنوية	معدل التضخم السنوي (%)	التوصية
$800	3	؟
1,300	8	؟

13.14 أصبح أداء معدّة موجودة ضعيفاً وتحتاج إلى الاستبدال. ويمكن *شراء* معدة أكثر حداثة أو *استئجارها*. إذا ما تم الشراء، فإن المعدة ستكلف $20,000 وسيكون لها عمر اهتلاك خمس سنوات دون قيمة سوقية. وللسهولة، افترض أن الشركة تستخدم اهتلاك الخط المستقيم. بسبب تحسين خصائص التشغيل للمعدّة، فإن الاقتصاد في المواد الأولية يتوقع أن يبلغ $5,000 في السنة مقارنة بالاستمرار في استخدام المعدة الحالية. أما مصاريف العمال السنوية للمعدة الجديدة فستزيد على الأغلب بمقدار $2,000 كما أن الصيانة سترتفع بمقدار $1,000. يتطلب استئجار المعدة الجديدة وضع مبلغ تأمين $2,000، وإيجار سنوي $6,000 يُدفع في نهاية السنة، أما الاقتصاد السنوي في المواد ومصاريف العمال الإضافية فستكون نفسها سواء تم شراء المعدة أم استئجارها، إلا أن الشركة المؤجرة ستوفر الصيانة لمعدتها كجزء من مبلغ الإيجار. يبلغ معدل العائد المقبول الأدنـى MARR لما بعد الضريبة 15% سنوياً، ومعدل الضريبة الفعلية 50%. وإذا ما تم الشراء فيعتقد أنه يمكن بيع المعدة في نهاية السنوات الخمس بمبلغ $1,500 حتـى مع استخدام قيمة $0 لحساب اهتلاك الخط المستقيم. هل على الشركة استئجار المعدة الجديدة، بافتراض أن قرار الاستبدال قد اتُّخذ؟ (6.14)

14.14 حدد أكثر الوسائل اقتصادية للحصول على آلة للقيام بالأعمال إذا كان عليك الاختيار بين (أ) شراء الآلة بمبلغ $5,000 مع قيمة محتملة لإعادة البيع $1,000 بعد خمس سنوات، أو (ب) استئجار الآلة بإيجار سنوي $900 لخمس سنوات مع تأمين أولي $500 يعاد عند إعادة الآلة في حالة جيدة. في حالة امتلاك الآلة (الشراء)، افترض (للسهولة) أن الاهتلاك سيكون بمعدل سنوي $800. أما في حالة الاستئجار فإن معظم دفعات الإيجار تُطرح لأغراض ضريبة الدخل. وسواء قمت بشراء الآلة أم استئجارها فعليك تحمل كافة النفقات المرتبطة بتشغيلها.

أ. قارن هذين البديلين باستخدام طريقة القيمة السنوية AW. معدل العائد المقبول الأدنـى MARR لما بعد الضريبة يبلغ 10% في السنة ومعدل ضريبة الدخل الفعلية يساوي 50%. لا تستخدم الطريقة الجدولية في الحل.

ب. كم يمكن أن يصبح الإيجار السنوي بحيث يبقى الاستئجارُ البديلَ الأفضلَ؟ (14-6)

15.14 تدرس شركة تطوير عدة منتجات جديدة. ويبين الجدول الآتـي المنتجات التـي هي في قيد الدراسة. تشكل المنتجات في كل مجموعة بدائل استبعادية ويجب اختيار أحد المنتجات من كل مجموعة على الأكثر. يبلغ معدل العائد

المقبول الأدنـــى MARR للشركة 10% في السنة وحدود الموازنة على تكاليف التطوير تبلغ $2,100,000. يفترض أن عمر جميع المنتجات 10 سنوات، دون قيمة استرداد. والمطلوب وضع هذه المسألة لتخصيص رأس المال وفق نموذج البرمجة الخطية الصحيحة. (14-7)

المجموعة	المنتج	تكاليف التطوير	الدخل النقدي السنوي الصافي
A	A1	$500,000	$90,000
	A2	650,000	110,000
	A3	700,000	115,000
B	B1	600,000	105,000
	B2	675,000	112,000
C	C1	800,000	150,000
	C2	1,000,000	175,000

16.14 تقوم شركتك حالياً بدراسة أربع اقتراحات. الاقتراحان A وC استبعاديان؛ والاقتراحان B وD استبعاديان ولا يمكن تنفيذهما ما لم يتم اختيار A أو C. كما أنه لا يمكن إنفاق أكثر من $140,000 في الزمن صفر. ويبلغ معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR لما قبل الضريبة 15% في السنة. ويبين الجدول التالي التدفقات النقدية التقديرية. قم بتشكيل جميع التركيبات الاستبعادية في ضوء هذه الاشتراطات، وقم بصياغة المسألة وفق نموذج البرمجة الخطية الصحيحة. (14-7)

نهاية السنة	الاقتراح			
	A	B	C	D
0	-$100,000	-$20,000	-$120,000	-$30,000
1	40,000	6,000	25,000	6,000
2	40,000	10,000	50,000	10,000
3	60,000	10,000	85,000	19,000

17.14 تُدرس ثلاثة بدائل لمشروع هندسي، ويبين الجدول الآتـــي تقديرات التدفق النقدي لهذه البدائل. البديلان A وB استبعاديان، والبديل C هو ميزة إضافية اختيارية على البديل A. أموال الاستثمار محدودة بمبلغ $5,000,000. وهناك قيد آخر على هذا المشروع وهو أن هناك حاجة إلى مهندسين لتصميم وتنفيذ الحل. ولا يمكن تخصيص أكثر من 10,000 مهندس/ساعة لهذا المشروع. ضع صيغة البرمجة الخطية الصحيحة لمسألة تخصيص الموارد هذه. (14-7)

	البديل		
	A	B	C
الاستثمار الأولي ($\$10^6$)	4.0	4.5	1.0
المهندسين المطلوبين (ساعات)	7,000	9,000	3,000
الاقتصاد السنوي لما بعد الضريبة، السنوات من واحد إلى أربعة ($\$10^6$)	1.3	2.2	0.9
PW عند 10% سنوياً ($\$10^6$)	0.12	2.47	1.85

18.14 تقوم شركتك حالياً بدراسة أربعة اقتراحات. الاقتراحان A وC استبعاديان؛ أما الاقتراحان B وD فهما استبعاديان ولا يمكن تنفيذهما ما لم يتم اختيار A/و C. ولا يمكن إنفاق أكثر من $140,000 في الزمن صفر. معدل العائد المقبول الأدنـــى MARR لما قبل الضريبة يساوي 15%. ضع هذه الحالة بدلالة نموذج مسألة البرمجة الخطية الصحيحة. يبين (الجدول P14.18) البيانات الخاصة بهذه المسألة. (14-7)

الجدول P14.18: الاقتراحات الأربعة للمسألة 14-18

نهاية السنة	التدفق النقدي المقدر للاقتراحات الأربعة			
	A	B	C	D
0	-50,000	-20,000	-120,000	-30,000
1	0	10,000	55,000	15,000
2	0	10,000	55,000	15,000
3	83,000	10,000	55,000	15,000
PW(15%)	4,574	2,832	5,577	4,248
IRR	18.4%	23.4%	17.8%	23.4%

19.14 عد لحالة تكلفة رأس المال الوسطية الموزونة لشركة منتجات داخل الولاية IPC (فقرة 14-5-1) والأمثلة من 14-1 إلى 14-4. افترض أن الإيرادات المحتجزة لـ IPC في بنيتها الرأسمالية تبقى $4,300,000، وأن هناك تغيرات على الأمثلة 14-1-حتـــى 14-4 وفق ما يبين (الجدول P14.19). واستناداً إلى هذه المعلومات، ما هي تكلفة رأس المال الوسطية الموزونة WACC الجديدة لما بعد الضريبة لشركة منتجات داخل الولاية؟

الجدول P14.19: التغيرات في المثال 14-1 للمسألة 14-19

المثال	التغير(ات)
14-1	القرض لثلاث سنوات يصبح $4,800,000 بمعدل فائدة 9.1% سنوياً.
14-2	إصدار السندات بقيمة $15,000,000 لمدة 12 سنة؛ القيمة الاسمية للسند $10,000؛ r = 5.92% في السنة؛ ويباع كل سند بمبلغ $10,430.
14-3	حققت إيرادات بعد الضريبة $1,650,000 في السنة، وبيعت الأسهم الـ 1,000,000 في الأصل بسعر وسطي $18.40. ويتوقع أن ينمو سعر السهم المستقبلي 8% في السنة.
14-4	بيع 100,000 سهم ممتاز بقيمة اسمية $29 للسهم الواحد.



التعامل مع القرارات متعددة الخصائص (المعايير)

يهدف هذا الفصل إلى مناقشة كيفية استخدام طرائق متعددة ومباشرة نسبياً لتقييم البدائل بأسلوب يغطي الخصائص المالية وغير المالية التـــي تتضمنها معظم القرارات في الحياة الواقعية.

يناقش هذا الفصل التطبيقات التالية:

أمثلة على القرارات المتعددة الخصائص

اختيار الخصائص

اختيار مقياس القياس

بعدية المسألة

النماذج غير التعويضية

النماذج التعويضية

1.15 مدخل

تعاملت جميع الفصول السابقة حتـــى الفصل 15 في المقام الأول مع تقييم القيم المالية المكافئة للبدائل والاقتراحات. وكما نعلم فإن *القليل* من القرارات هي التـــي تستند فقط إلى الدولارات والسنتات. وفي هذا الفصل، سنوجّه الانتباه إلى كيفية التضمين الصريح للاعتبارات المتعددة وغير المالية (*الخصائص*) التـــي تظهر نتيجة للأهداف المتعددة في تقييم المشروعات الهندسية ومشروعات الأعمال. ويقصد *بغير المالية* عدم وجود آلية سوقية رسمية يمكن بها تحديد قيمة الجوانب المختلفة لأداء المشروع كالجوانب الجمالية والرضا الذاتـــي للموظفين وحماية البيئة.

يُعدّ تعريف *القيمة* أمراً صعباً بسبب استخدامها بطرائق متعددة. وفي الحقيقة ومنذ عام 350 قبل الميلاد تحدّث أرسطو Aristotle عن سبع أنواع من القيم ما زالت سارية حتـــى الآن: (1) الاقتصادية و(2) الأخلاقية و(3) الجمالية و(4) الاجتماعية و(5) السياسية و(6) الدينية و(7) القضائية. ومن هذه الأنواع يمكن فقط قياس *القيمة الاقتصادية* بدلالة (مع أملنا بذلك) وحدات نقدية موضوعية كالدولارات أو البنات أو البيزوات. ومن ناحية أخرى يمكن تحديد القيمة الاقتصادية باعتبارها قيمة *للاستخدام* (كما هو الحال في الممتلكات التـــي توفر وحدات من الاستخدام كالعمل أو الخدمة) أو باعتبارها *قيمة للفخامة* esteem (كالممتلكات التـــي تجعل من شيء ما مرغوباً). وبمصطلحات مبسطة جداً يمكن القول إن قيم الاستخدام هي المرتبطة بأداء المنتج (مثل، السيارة التـــي تخدم كوسيلة معتمدة للنقل) أما قيم الفخامة فهي المرتبطة بإمكانية بيع المنتج (مثل السيارة المكشوفة ذات المظهر الرياضي). ومن جديد تسبب قيمة الاستخدام وقيمة الفخامة تحدياً للتقييم الكمي الدقيق بوحدات مالية، ولذلك يُلجأ عادة إلى التقنيات المتعددة الخصائص لتقييم القيمة الكلية للتصميمات المعقدة وللنظم المعقدة من الآلات.

2.15 أمثلة على القرارات متعددة الخصائص

نعرض هنا مثالين واقعيين كمدخل للتطبيقات اللاحقة وذلك بهدف توفير نظرة عامة على صنع القرار المتعدد الخصائص وكذلك تقديم الحافز لدراسته.

يواجه المهندسون حديثو التخرج بموقف مشترك وهو اختيار عملهم المهنـــي الدائم. لنفترض أن ماري جونســز Mary Jones مهندسة حديثة التخرج عمرها 22 عاماً ولديها ما يكفي من الحظ لتحصل على أربعة عروض لشغل وظائف مقبولة. وعليها أن تقوم بالاختيار من بين الوظائف الأربع خلال الأسابيع الأربعة القادمة وإلا فإنها ستفقدها جميعاً. وهي مرتبكة قليلاً فيما يتعلق بالعرض الذي يجب عليها قبوله، إلا أنها قررت أن يستند خيارها على العوامل الأربعة التالية من الخصائص (وهي ليست بالضرورة مرتبة بحسب أهميتها بالنسبة لها): (1) المناخ الاجتماعي للبلدة التـــي ستعمل فيها و (2) فرصة توفر رياضات في الهواء الطلق و(3) المرتب المبدئي و(4) فرصة الترقية والتقدم الوظيفي. وبعد ذلك قامت ماري جونـــز بإعداد جدول يتضمن البيانات الذاتية والموضوعية المتعلقة بالفروق بين العروض الأربعة. ويبين (الجدول 1.15) جدول (مصفوفة) البيانات المكتمل. ويلاحظ أن هناك خصائص متعددة عُبِّر عنها بدرجات ذاتية بمقياس يتدرج من "ضعيف" إلى "ممتاز".

ولا يعد أمراً غير مألوف فيما يتعلق بالبيانات المالية وغير المالية أن تنطوي على مكونات جزئية في حالات القرار كتلك الواردة في هذه الحالة البسيطة. وبأخذ دقيقة أو دقيقتين للتفكير في العرض الذي ينبغي قبوله انطلاقاً من البيانات الواردة في (الجدول 1.15) فقط. هل سيطغى الراتب المبدئي على الخصائص الأخرى بحيث ينبغي اختيار شركة أبكس Apex في نيويورك New York؟ أم هل ستُجرى مبادلة trade off المناخ الاجتماعي الضعيف بالتقدم الوظيفي الممتاز في فلاجستاف Flagstaff وذلك بجعل عرض مكجرو ويسلي McGraw-Wesley الاختيار الأول.

الجدول 1.15: مسألة اختيار عرض الوظيفة.

الخصائص	البدائل (العروض الوظيفية ومواقعها)			
	شركة أبكس نيويورك **Apex Corp., New York**	شركة سيكون لوس أنجلوس **Sycon, Inc., Los Angeles**	شركة سيجما المحدودة ماكون، جورجيا **Sigma Ltd., Macon, GA**	مكجرو ويسلي فلاجستاف، أريزونا **McGraw-Wesley, Flagstaff, AZ**
المناخ الاجتماعي	جيد	جيد	وسط	ضعيف
الطقس/الرياضات	ضعيف	ممتاز	جيد	جيد جداً
المرتب المبدئي (سنوياً)	$50,000	$45,000	$49,500	$46,500
التقدم الوظيفي	وسط	جيد جداً	جيد	ممتاز

يمكن اختصار العديد من مسائل القرار في الصناعة إلى الشكل المصفوفي بطريقة مشابهة لمثال اختيار الوظيفة السابق. ويمكن توضيح إمكانية التطبيق الواسعة لهذا التلخيص الجدولي للبيانات بأخذ مثال آخر يتضمن اختيار مجموعة Workstation للتصميم بمعونة الحاسب Computer Aided Design CAD من قبل شركة للهندسة المعمارية. ويتضمن (الجدول 2.15) ملخصاً بالبيانات المتعلقة بهذا المثال. وتتشكل قائمة البدائل الممكنة (الخيارات) في مسألة القرار هذه من ثلاثة بدائل إضافة إلى بديل "عدم القيام بشيء"، وقد تقرَّر بأن مجموعة من سبعة خصائص تعد كافية لأغراض التمييز فيما

بينها. وإلى جانب السؤال المتعلق بأي مجموعة ينبغي اختيارها، تظهر أسئلة هامة أخرى عند صنع القرار المتعدد الخصائص مثل: (1) كيف اختيرت الخصائص؟ و(2) مَن الذي وضع الأحكام (القيم) الذاتية المتعلقة بالخصائص غير المالية مثل "الجودة" و"مرونة التشغيل"؟ و(3) ما هي الاستجابة المطلوبة – تقسيم البدائل أم ترتيبها مثلاً؟. سنشرح في هذا الفصل عدة نماذج بسيطة وقابلة للتطبيق ويمكن الاعتماد عليها للاختيار بين البدائل المتعددة الخصائص كتلك الواردة في (الجدولين 1.15 و2.15).

الجدول 2.15: مسألة اختيار محطة العمل للتصميم بمعونة الحاسب كاد CAD.

الخاصية	البدائل			
	البديل A	البديل B	البديل C	المرجع (عدم القيام بشيء)
تكلفة شراء النظام	$115,000	$338,950	$32,000	$0
الاختصار في زمن التصميم	%60	%67	%50	0
المرونة	ممتاز	ممتاز	جيد	ضعيف
التحكم بالمخزون	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ضعيف
الجودة	ممتاز	ممتاز	جيد	وسط
حصة السوق	ممتاز	ممتاز	جيد	وسط
استخدام الآلة	ممتاز	ممتاز	جيد	ضعيف

3.15 اختيار الخصائص

يعد اختيار الخصائص التـي سيُحكم بموجبها على التصميمات والنظم والمنتجات والعمليات البديلة وغيرها أحد أكثر المهام أهمية في تحليل القرار المتعدد الخصائص. (المهمة التـي هي أكثر أهمية، بالطبع، هي تحديد البدائل المجدية التـي ينبغي الاختيار منها). ويلاحظ أن توضيح الخصائص المتعلقة بقرار معين يمكن في بعض الحالات أن يلقي ضوءاً كافياً على المسألة بحيث يغدو صنع الاختيار النهائي واضحاً لكل المعنيين.

وبالعودة من جديد إلى البيانات الواردة في (الجدولين 1.15 و2.15). يمكن على الفور إبداء الملاحظات العامة التالية المتعلقة بالخصائص المستخدمة للتمييز بين البدائل: (1) كل خاصية تميز على الأقل بديلين – ولا توجد حالة تأخذ فيها الخاصية قيم متطابقة في جميع البدائل؛ و(2) كل خاصية لها بعد واحد أو وجه من مسألة القرار (أي إن الخصائص مستقلة وغير فائضة)[1]؛ (3) يفترض أن جميع الخصائص تشكل وحدة متكاملة تكفي لتحقيق غرض اختيار البديل الأفضل؛ و(4) يفترض أن تساهم الفروق في القيم المحددة لكل خاصية في التفريق بين البدائل المجدية.

إن اختيار مجموعة الخصائص في الحالات العملية هو في العادة نتيجة اتفاق جماعي، وهو بوضوح عملية ذاتية. لذا فإن القائمة النهائية من الخصائص المالية وغير المالية تتأثر تأثراً كبيراً بمسألة القرار، وكذلك بالشعور الحدسي المتعلق بالخصائص التـي ستحدد أو لا تحدد بدقة الفروق ذات الصلة بين البدائل المجدية. فإذا اختير عدد كبير من الخصائص، فإن التحليل

[1] يقصد بالخصائص الفائضة الخصائص التـي يمكن حذفها دون أن تؤثر في قرار الاختيار النهائي، أما المقصود بالخصائص المستقلة فهو أن هذه الخصائص غير مرتبطة بعضها ببعض، أي إن أخذ قيمة عالية في إحدى الخصائص لا يستلزم بالضرورة أخذ قيمة عالية في خاصية أخرى. (المترجم).

سيغدو غير عملي وستصعب إدارته. ومن ناحية أخرى قد يؤدي اختيار عدد قليل من الخصائص إلى الحد من القدرة على التمييز بين البدائل. ومن جديد يلزم الحكم الشخصي لتحديد كون عدد الخصائص قليلاً جداً أم كبيراً جداً. وإذا كانت بعض الخصائص في القائمة النهائية ينقصها التحديد أو لا يمكن التعبير عنها كمياً، فمن الضروري تقسيمها إلى خصائص من مستوى أدنى بحيث يمكن قياسها.

ولتوضيح هذه النقاط يمكن دراسة إضافة خاصية تدعى "تكلفة تشغيل وصيانة النظام" إلى (الجدول 2.15) لتمثيل بُعدٍ حيوي وهو تكلفة دورة عمر نظام التصميم بمعونة الحاسب (الكاد CAD). كما يمكن تقسيم خاصية "المرونة" إلى خاصيتين أكثر تحديداً من قبيل "قابلية التوافق مع معدات التصنيع بمعونة الحاسب" (مثل أدوات الآلات ذات التحكم الرقمي) "والقدرة على إيجاد وتحليل تمثيل هندسي ثلاثي الأبعاد لمفاهيم التصميم الهندسي". وأخيراً، سيعدّ أمراً بنّاءً جمع خاصيتـــي "الجودة و"الحصة في السوق" في (الجدول 2.15) بسبب عدم وجود فرق في القيم المتعلقة بهاتين الخاصيتين عبر البدائل الأربعة، ومن ثَم يمكن جمعهما في خاصية واحدة يمكن أن يطلق عليها "تحقيق حصة أكبر في السوق من طريق تحسينات الجودة".

4.15 اختيار مقياس القياس

يحتل تحديد البدائل المجدية (الممكنة) والخصائص المناسبة حيزاً كبيراً من العمل المتعلق بتحليل القرار المتعدد الخصائص. وتتمثل المهمة التالية في تطوير المقاييس أو مقاييس القياس التـــي تسمح بتمثيل الحالات المختلفة لكل خاصية. فمثلاً في (الجدول 1.15) اختير مقياس "الدولارات" لقياس المرتب المبدئي. على حين قيس التقييم الذاتـــي للتقدم الوظيفي وفق مقياس من خمسة درجات هي "ضعيف" و"وسط" و"جيد" و"جيد جداً" و"ممتاز". وفي مسائل عديدة يكون المقياس ببساطة هو نفس المقياس الذي يمكن بواسطة إجراء قياسات فيزيائية. فمثلاً تعد خاصية مستوى الضجيج للمسارات المتعددة لمشروع طريق حضري خاصية مناسبة ويمكن قياسها بوحدة "الديسبل decibel".

5.15 بعدية المسألة

بالعودة مجدداً إلى (الجدول 1.15)، يلاحظ أن هناك طريقتين أساسيتين لمعالجة المعلومات الواردة فيه. تتمثل الطريقة الأولى في محاولة توحيد كل عرض وظيفي ضمن مقياس فردي، أو بُعد. فمثلاً يمكن تحويل جميع الخصائص بشكل ما إلى ما يكافئها بالدولار، أو يمكن تحويلها إلى *مكافئات (وحدات) منفعة utility equivalent* تتدرج من 0 حتـــى 100. وقد لا يكون صعباً إعطاء قيم بالدولار للتقدم الوظيفي، ولكن ماذا عن وضع قيم بالدولار للمناخ الاجتماعي الضعيف مقابل الممتاز؟. وبالمثل، قد لا يكون تحويل جميع بيانات العروض الوظيفية إلى مقياس للقيمة معبراً عنه بالمنفعة التـــي تتدرج من 0 إلى 100 مقنعاً لمعظم الأفراد. وتدعى هذه الطريقة الأولى للتعامل مع بيانات (الجدول 1.15) *تحليل البعد الواحد single dimension analysis*. (ويمثل البعد عدد المقاييس المستخدمة لتمثيل الخصائص التـــي تميز بين البدائل).

إن توحيد جميع المعلومات في بعد واحد هو أمر مألوف في الممارسة العملية بسبب اقتناع عدد من المحللين بأن المسألة المعقدة يمكن أن تتحول إلى مسألة قابلة للمعالجة باتباع هذا الأسلوب. وفي الحقيقة هناك نماذج مفيدة متعددة وحيدة البعد سنعرضها لاحقاً. ويصطلح على هذه النماذج *بالتعويضية compensatory* لأن التغيرات في قيم الخاصية المحددة يمكن التغلب عليها أو مبادلتها بالتغيرات المعاكسة في خاصية أخرى.

أما الطريقة الأساسية الثانية لمعالجة المعلومات الواردة في (الجدول 1.15) فهي الاحتفاظ بفردية الخصائص حتـــى يتم تحديد البديل الأفضل. ومن ثَم فليست هناك محاولة لتوحيد الخصائص على مقياس مشترك. ويشار إلى هذه الطريقة *بالتحليل كامل الأبعاد full-dimensioned analysis* لمسألة تعدد الخصائص. فمثلاً، إذا اختيرت r^* خاصية لتمييز البدائل التـــي هي قيد الدراسة فينبغي اعتبار القيم المرتبطة بجميع الخصائص r^* في الاختيار. أما إذا كان المقياس مشتركاً لأكثر من خاصية كما في (الجدول 1.15) فسيكون لدينا مسألة متوسطة البعد intermediate dimensioned problem تُحلّ بنفس النماذج كما في حالة مسألة كامل الأبعاد. سنوضح في الفقرة التالية عدداً من هذه النماذج، وهذه النماذج تساعد عادة بدرجة كبيرة في حذف البدائل المتدنية جداً من التحليل. ونشير إلى هذه النماذج بأنها *غير تعويضية noncompensatory* لأنه لا يسمح فيها بالمبادلة trade off بين الخصائص. وهكذا يجب أن يكون الحكم على مقارنات البدائل على أساس خاصية – خاصية.

6.15 النماذج غير التعويضية

نعرض في هذه الفقرة أربعة نماذج غير تعويضية لصنع قرار الاختيار في حالة تعدد الخصائص. وهي (1) الهيمنة dominance، (2) الاقتناع satisficing، (3) التفريق disjunctive resolution، و(4) طريقة المعجم lexicography. وفي كل من هذه النماذج هناك محاولة لاختيار البديل الأفضل في ضوء جميع أبعاد المسألة. كما فعرض المثال 15-1 بعد شرح هذه النماذج لتوضيح كل منها.

1.6.15 الهيمنة

الهيمنة هي طريقة تصفية مفيدة لحذف البدائل الدنيا من التحليل. وعندما يكون أحد البدائل أفضل من الآخر فليست هناك مشكلة في إقرار إحدهما. ففي هذه الحالة *يهيمن* البديل الأول *dominates* على البديل الثانـــي. وبمقارنة كل زوج ممكن من البدائل يمكن تحديد جودة قيم الخصائص لأحدها على الأقل كما هو الحال للبديل الآخر، ويمكن حذف واحد أو أكثر من البدائل المرشحة من الدراسة اللاحقة أو حتـــى اختيار بديل واحد يتضح أنه يفوق جميع البدائل الأخرى. ومن غير الممكن عادة اختيار البديل الأفضل استناداً إلى الهيمنة.

2.6.15 الاقتناع

يشار إلى نموذج الاقتناع أحياناً *بطريقة المجالات المجدية (الممكنة) method of feasible ranges* وتتطلب تحديد القيم المقبولة الدنيا أو العظمى (المعايير) لكل خاصية. حيث تُستبعد البدائل التـــي تقع إحدى خصائصها أو أكثر من خاصية خارج الحدود المقبولة من الدراسة اللاحقة.

تحدد الحدود العليا والدنيا لهذه المجالات بديلين تخيليين يمكن بواسطتهما معرفة توقعات الأداء العظمى والصغرى للبدائل المجدية. وبوضع حدود للقيم المسموحة للخصائص من الجانبين (أو من جانب واحد) فإننا نختصر متطلبات معالجة المعلومات بدرجة ملموسة. وتجعل القيود على مجال القيم المقبولة للخاصية إدارة مسألة التقييم أكثر سهولة.

إن استخدام نموذج الاقتناع أكثر صعوبة من نموذج الهيمنة، لأنه في هذه الحالة ينبغي تحديد القيم الدنيا المقبولة للخاصية. كما أن نموذج الاقتناع يُستخدم عادة لتقييم البدائل المجدية بتفصيل أكبر ولتقليل العدد الذي ينبغي معالجته من البدائل أكثر من استخدامه لصنع الاختيار النهائي. ويُستخدم مبدأ الاقتناع غالباً في الممارسة العملية عندما يكون تحديد

الأداء *المقنع* *satisfactory* لكل خاصية جيداً بما فيه الكفاية لأغراض صنع القرار بدلاً من تحديد الأداء *الأمثل* *optimal*.

3.6.15 التفريق

طريقة التفريق مشابهة لطريقة الاقتناع في أنها تستند على مقارنة خصائص كل بديل بالخصائص المعيارية. ويكمن الفرق في أن طريقة التفريق تقيّم كل بديل على أساس القيمة الفضلى التـــي تحققها أية خاصية. فإذا كان للبديل خاصية *واحدة فقط* تحقق أو تتجاوز المعيار المحدد، احتفظنا بذلك البديل. أما في نموذج الاقتناع فعلى جميع الخصائص أن تحقق أو تتجاوز الخصائص المعيارية إلى أن يُحتفظ بالبديل ضمن المجموعة المحدية.

4.6.15 المعجم

يناسب هذا النموذج بوجه خاص حالات القرار التـــي يحكم فيها على خاصية ما بأنها أكثر أهمية من جميع الخصائص الأخرى. ويمكن أن يستند الاختيار النهائي فقط إلى أكثر القيم قبولاً لهذه الخاصية. إن مقارنة البدائل انطلاقاً من إحدى الخصائص فقط يقلل مسألة القرار إلى مسألة وحيدة البعد (أي، مقياس القياس للخاصية المهيمنة). ويُختار البديل ذو القيمة العليا للخاصية التـــي هي أكثر أهمية. أما عندما يكون لبديلين أو أكثر قيم متساوية للخاصية التـــي هي أكثر أهمية ننتقل إلى الخاصية الثانية في الأهمية للخروج من هذه الورطة. وإذا استمر ذلك التساوي في الحدوث يختير المحلل الخاصية التـــي هي أكثر أهمية التالية حتـــى يتم الوصول إلى اختيار بديل واحد أو حتـــى يتم تقييم جميع البدائل.

تتطلب طريقة المعجم تعيين أهمية كل خاصية لتحديد ترتيب الخصائص التـــي ينبغي دراستها. وإذا حصل الاختيار باستخدام خاصية واحدة أو عدد قليل من الخصائص، فإن طريقة المعجم لا تأخذ في الحسبان كافة البيانات التـــي تّم جمعها. كما أن هذه الطريقة لا تتطلب المقارنة بين الخصائص، إلا أنها تعالج المعلومات وفق مقياسها الخاص.

المثال 15-1

قررت ماري جونز – المهندسة الحديثة التخرج والتـــي قدمنا بيان عروض توظيفها في (الجدول 1.15) – بعد دراسة موسعة أن تقبل وظيفة في شركة سيجما Sigma في ماكون في جورجيا Macon, Georgia. (تبين المسألة 8.15 سبب اختيارها لهذه الوظيفة). وبعد الانتقال إلى ماكون، واجهت ماري جونـــز العديد من المسائل الهامة المتعددة الخصائص. من بينها (1) استئجار شقة مقابل شراء منـــزل صغير و(2) ما هو نوع السيارة التـــي عليها شراؤها و(3) من تختار للقيام بعلاج أسنانها التـــي تأخر موعدها.

في هذا المثال، سندرس مسألة اختيار *طبيب الأسنان* كوسيلة لتوضيح النماذج غير التعويضية (كاملة الأبعاد) والتعويضية (وحيدة البعد) لتحليل مسائل القرار المتعدد الخصائص.

بعد الاتصال بعدد من أطباء الأسنان الواردة عناوينهم في الصفحات الصفراء Yellow Pages، وجدت ماري أن هناك أربعة منهم فقط يمكنهم قبول مرضى جدد. وهم الدكتور مولار Molar، والدكتور فيلجود Feelgood، والدكتور هوبز Whoops، والدكتور بيبر Pepper. وبذلك أضحت البدائل واضحة لماري، وقررت أن أهدافها في اختيار طبيب الأسنان تتمثل في الحصول على عناية سنية عالية الجودة بتكلفة معقولة وبأقل انقطاع ممكن في جدول عملها وأقل ألم ممكن (أو دون ألم). وفي هذا الصدد، اعتمدت ماري عدداً من الخصائص لمساعدتها في جمع البيانات وصنع الاختيار النهائي، وهذه الخصائص هي: (1) سمعة طبيب الأسنان و(2) التكلفة في الساعة للعمل السنـــي و(3) توفر ساعات عيادة في كل أسبوع

و(4) مسافة الانتقال و(5) طريقة التخدير. لاحظ أن هذه الخصائص مستقلة تقريباً وأنه لا يمكن التنبؤ بقيمة إحدى الخصائص بمعرفة قيمة الخاصية الأخرى.

الجدول 3.15: ملخص المعلومات لاختيار طبيب الأسنان.

الخاصية	البدائل			
	الدكتور مولار	د. فيلجود	د. هوبز	د. بيبر
التكلفة (دولار/ساعة)	$50	[$80]	[$20]	$40
طريقة التخدير[a]	[مخدر موضعي]	تخدير بالحقن	[تنويم مغناطيسي]	غاز مضحك
مسافة القيادة (ميل)	15	20	[5]	[30]
ساعات العيادة الأسبوعية	[40]	[25]	[40]	[40]
جودة العمل	[ممتاز]	وسط	[ضعيف]	جيد

القيمة الفضلى ☐ القيمة السُّوأى ☐

a قررت ماري أن التخدير الموضعي > الغاز المضحك > التخدير بالحقن > التنويم المغناطيسي، علماً أن أ > ب يعنـي أن أ أفضل من ب.

الجدول 4.15: التحقق من الهيمنة بين البدائل.

الخاصية	المقارنات الزوجية (الثنائية)					
	مولار مقابل فيلجود	مولار مقابل هوبز	مولار مقابل بيبر	فيلجود مقابل هوبز	فيلجود مقابل بيبر	هوبز مقابل بيبر
التكلفة	أفضل	أسوأ	أسوأ	أسوأ	أسوأ	أفضل
التخدير	أفضل	أفضل	أفضل	أفضل	أسوأ	أسوأ
المسافة	أفضل	أسوأ	أفضل	أسوأ	أفضل	أفضل
ساعات العيادة	أفضل	مساوي	مساوي	أسوأ	أسوأ	مساوي
الجودة	أفضل	أفضل	أفضل	أفضل	أسوأ	أسوأ
الهيمنة؟	نعم	لا	لا	لا	لا	لا

جمعت ماري البيانات من طريق مقابلة موظفي الاستقبال في عيادات أطباء الأسنان الأربعة، والتحدّث مع الناس المحليين في البلدة، وأيضاً من طريق الاتصال بجمعية أطباء أسنان جورجيا Georgia Dental Association، وغير ذلك. ويبين (الجدول 3.15) ملخصاً بالمعلومات التـي جمعتها ماري.

والمطلوب الآن تحديد إمكان اختيار طبيب الأسنان باستخدام (أ) الهيمنة، (ب) الاقتناع، (ج) التفريق، و(د) المعجم.

الحل

(أ) نجري مقارنات زوجية لكل مجموعة من الخصائص المتوفرة في أطباء الأسنان في (الجدول 3.15) وذلك للتحقق من الهيمنة. ويلزم إجراء 6 = 2 / (3)4 مقارنات زوجية للأطباء الأربعة يبينها (الجدول 4.15). ويتضح من (الجدول 4.15) أن الدكتور مولار يهيمن على الدكتور فيلجود، لذا ينبغي إسقاط الدكتور فيلجود من الدراسة اللاحقة. وفق نموذج الهيمنة، لا يمكن لماري اختيار طبيب الأسنان الأفضل.

(ب) لتوضيح نموذج الاقتناع، ينبغي تحديد حدود القبول (المجالات المجدية) لكل خاصية. وبعد تفكير عميق توصلت ماري إلى المجالات المجدية الواردة في (الجدول 5.15).

الجدول 5.15: المجالات المجدية من الاقتناع.

الخاصية	القيمة المقبولة الدنيا	القيمة المقبولة العليا	البديل غير المقبول
التكلفة	–	$60	لا أحد (الدكتور فيلجود محذوف سلفاً)
التخدير	التخدير بالحقن	–	الدكتور هوبز
المسافة (أميال)	–	30	لا أحد
ساعات العيادة	30	40	لا أحد (الدكتور فيلجود محذوف سلفاً)
الجودة	جيد	ممتاز	الدكتور هوبز

الجدول 6.15: ترتيب الأهمية لخصائص أطباء الأسنان.

أ. نتائج المقارنات الزوجية

التكلفة > التخدير	(التكلفة أكثر أهمية من التخدير)
الجودة > التكلفة	(الجودة أكثر أهمية من التخدير)
التكلفة > المسافة	(التكلفة أكثر أهمية من المسافة)
التكلفة > ساعات العيادة	(التكلفة أكثر أهمية من ساعات العيادة)
التخدير > ساعات العيادة	(التخدير أكثر أهمية من ساعات العيادة)
الجودة > التخدير	(الجودة أكثر أهمية من التخدير)
ساعات العيادة > المسافة	(ساعات العيادة أكثر أهمية من المسافة)
الجودة > المسافة	(الجودة أكثر أهمية من المسافة)
الجودة > ساعات العيادة	(الجودة أكثر أهمية من ساعات العيادة)

ب. الخاصية	**عدد المرات التي يكون فيها اليمين > (= الترتيب الأولي)**
التكلفة	3
التخدير	2
المسافة	0
ساعات العيادة	1
الجودة	4

تبين مقارنة قيم الخصائص لكل طبيب أسنان مقابل المجال المجدي أن الدكتور هوبز يستخدم النوع الأدنى في القبول من أنواع التخدير (التنويم المغناطيسي < التخدير بالحقن)، كما أن درجة جودته أيضاً غير مقبولة (ضعيف < جيد). وهكذا يلحق الدكتور هوبز بالدكتور فيلجود في قائمة ماري من المرفوضين. ويلاحظ أيضاً أن نموذج الاقتناع بحد ذاته لا يؤدي إلى الحصول على البديل الأفضل.

(ج) بتطبيق المجالات المجدية الواردة في (الجدول 5.15) على نموذج التفريق سيُقبَل جميع أطباء الأسنان بسبب أن كلاً منهم يحظى على الأقل بقيمة خاصية واحدة تحقق أو تتجاوز التوقع الأدنى. فمثلاً، الدكتور هوبز له تقييم مقبول في ثلاثة من الخصائص الخمسة، والدكتور فيلجود يحقق اثنين من خمسة توقعات دنيا. من الواضح أن هذا النموذج لا يميز جيداً بين المرشحين الأربعة.

(د) تتطلب نماذج عديدة، ومنها نموذج المعجم، أنه ينبغي ترتيب جميع الخصائص أولاً وفق أهميتها. وربما أن كانت أسهل الطرق للحصول على الترتيب المتسق هي بإجراء المقارنات الزوجية بين كل تركيب ممكن من الخصائص 2. وهذا ما يبينه (الجدول 6.15). ويمكن ترتيب كل خاصية بحسب عدد المرات التـي تظهر فيها على الطرف الأيمن من المقارنة وذلك عندما يقع البديل الأفضل على الجانب الأيمن وفق ما يبينه الجدول. ويتضح أن الترتيب في هذه الحالة يتمثل في: الجودة > التكلفة > التخدير > ساعات العيادة > المسافة.

يوضح (الجدول 7.15) تطبيق طريقة المعجم على ترتيب الأفضلية الوارد في (الجدول 6.15). ويكون الاختيار النهائي هو الدكتور مولار لأن الجودة هي الخاصية العليا في الترتيب ولأن درجـة جودة مولار هي أفضل الجميع. أما لو كـان ترتيب جودة عمل الدكتور بيبر أيضاً بأنها ممتازة، فإن الاختيار سيكون على أسـاس التكلفة. وسيؤدي ذلك إلى اختيار الدكتور بيبر. لذا، فإن طريقة المعجم تسمح باختيار البديل الأفضل من قبل ماري.

الجدول 7.15: تطبيق المعجم.

الخاصية	الترتيب[a]	ترتيب البديل[b]
التكلفة	3	هوبز > بيبر > مولار > فيلجود
التخدير	2	مولار > بيبر > فيلجود > هوبز
ساعات العيادة	1	مولار = هوبز = بيبر > فيلجود
المسافة	0	هوبز > مولار > فيلجود > بيبر
الجودة	4	مولار > بيبر > فيلجود > هوبز

[a] الترتيب 4 = الأكثر أهمية، الترتيب 0 = الأقل أهمية.

[b] الاختيار يستند إلى الخاصية الأعلى ترتيباً (ضُمِّن هوبز وفيلجود لبيان كامل الأسلوب فقط).

7.15 النماذج التعويضية

المبدأ الأساسي الذي تستند إليه جميع النماذج التعويضية، التـي تنطوي على بعد وحيد، هو أن قيم جميع الخصائص يجب تحويلها إلى مقياس مشترك للقياس كما هو الحال في *الدولارات* أو *وحدات المنفعة*[2-3]. وعندما يتحقق ذلك، فمن الممكن إنشاء مؤشر دولاري شامل أو مؤشر منفعة شامل لكل بديل. ويمكن أن يختلف شكل التابع المستخدم لحساب المؤشر اختلافاً واسعاً. فمثلاً، يمكن جمع قيم الخصائص المحولة، كما يمكن تثقيلها ثم إضافتها (جمعها) أو يمكن ضربها على التتالي. وبقطع النظر عن شكل التابع، فإن النتيجة النهائية هي أن الأداء الجيد في إحدى الخصائص يمكن أن يعوض عن الأداء السيئ في خاصية أخرى. ويسمح ذلك بإجراء مبادلات بين الخصائص خلال عملية اختيار البديل الأفضل. وبسبب أن طريقة المعجم لا تتضمن مبادلات، فقد صُنِّفت على أنها طريقة كاملة – البعد وفق ما جاء في الفقرة 4.6.15.

سنختبر في هذه الفقرة ثلاثة نماذج تعويضية لتقييم مسائل القرار المتعددة الخصائص. وهذه النماذج هي (1) المقياس العديم البعد و(2) أسلوب هيرفيتش Hurwicz و(3) تقنية التثقيل والجمع. وسنوضح هذه النماذج باستخدام بيانات المثال 15-1:

[2] الترتيب الأساسي هو ببساطة ترتيب للخصائص من الأكثر تفضيلاً إلى الأقل تفضيلاً.

[3] وحدة المنفعة هي وحدة غير بعدية للقيمة.

1.7.15 المقياس العديم البعد

من الطرائق الشائعة لجعل قيم الخصائص معيارية الطريقة التـي تنطوي على تحويلها إلى نموذج عديم البعد. وهناك نقطتان هامتان ينبغي اعتبارهما عند القيام بذلك. الأولى، أن القيم العديمة البعد ينبغي أن يكون لها جميعها مجال مشترك، مثل من 0 إلى 1 أو 0 إلى 100. ودون هذا القيد، ستحتوي الخصائص العديمة البعد عوامل تثقيل ضمنية. أما الثانية فهي أن جميع الخصائص العديمة البعد يجب أن تتبع الاتجاه نفسه بالنسبة لتحقيقها للقبول؛ والقيم التـي هي أكثر تفضيلاً يجب أن تكون جميعها صغيرة أو كبيرة. ويعد ذلك ضرورياً للحصول على مقياس شامل مقنع لاختيار البديل الأفضل.

ويمكن توضيح المقياس العديم البعد باستخدام بيانات المثال 15-1. وكما يبين (الجدول 8.15) فالقيود السابقة يمكن أن تتطلب استخدام أساليب مختلفة *لإزالة بعد nondimensionalize* كل خاصية. فمثلاً، الخاصية المتعلقة بالتكلفة تكون أفضل عندما تأخذ قيمة أصغر، إلا أن ساعات العيادة تكون أفضل عندما تكون قيمتها أكبر. ويجب أن يتمثل الهدف في الحصول على أسلوب عديم البعد يعطي درجة لكل خاصية بدلالة إنجازها الجزئي للقيمة الأفضل تحقيقاً. وبإعادة تشكيل (الجدول 3.15) وهو الجدول الأصلي للمعلومات في المثال 15-1 نحصل على بنود عديمة البعد كما في (الجدول 9.15). أما الأسلوب العام لتحويل البيانات الأصلية في (الجدول 3.15) لخاصية معينة إلى درجتها عديمة البعد فهو

$$\text{الدرجة} = \frac{\text{النتيجة السُّوأى} - \text{النتيجة المراد جعلها عديمة البعد}}{\text{النتيجة السُّوأى} - \text{النتيجة الأفضل}} \quad (1.15)$$

الجدول 8.15: المقياس العديم البعد للمثال 15-1.

الخاصية	القيمة	أسلوب الترتيب	القيمة العديمة البعد
التكلفة	$20	(80 – التكلفة) / 60	1.0
	40		0.67
	50		0.50
	80		0.0
التخدير	تنويم مغناطيسي	(المرتبة النسبية[a] – 1) /3	0.0
	تخدير بالإبر		0.33
	غاز مضحك		0.67
	تخدير موضعي		1.0
المسافة	5	(30 – المسافة) / 25	1.0
	15		0.60
	20		0.40
	30		0.0
ساعات العيادة	25	(ساعات العيادة – 25) / 15	0.0
	40		1.0
الجودة	ضعيف	(المرتبة النسبية[a] – 1) / 3	0.0
	وسط		0.33
	جيد		0.67
	ممتاز		1.0

[a] المقياس من 1 إلى 4 هو المستخدم، حيث إن 4 هي الأفضل (من الجدول 3.15).

تُطبَّق المعادلة (1.15) في حال كون القيم العددية الكبيرة *غير مرغوبة* كما هو الحال في الدولارات أو مسافة البعد. أما عندما تكون القيم العددية الكبيرة هي المرغوب بها (مثل، ترتيب "4" بأنه الأفضل و"1" الأسوأ)، فالعلاقة لتحويل البيانات الأصلية إلى قيمها عديمة البعد هي:

$$\text{الدرجة} = \frac{\text{النتيجة المراد جعلها عديمة البعد} - \text{النتيجة السُّوأى}}{\text{النتيجة الأفضل} - \text{النتيجة السُّوأى}} \qquad (2.15)$$

إذا كان لجميع الخصائص في (الجدول 9.15) نفس الأهمية، فإن مجموع كل طبيب أسنان يمكن إيجاده من طريق جمع القيم العديمة البعد في كل عمود. وستكون النتائج بأن الدكتور مولار = 4.10، الدكتور فيلجود = 1.06، الدكتور هوبز = 3.00، والدكتور بيبر = 3.01. وبذلك فإن، الدكتور مولار سيكون هو الاختيار الأفضل في هذه الحالة.

الجدول 9.15: البيانات العديمة البعد للمثال 15-1.

الخاصية	د. مولار	د. فيلجود	د. هوبز	د. بيبر
التكلفة	0.50	0.0	1.0	0.67
طريقة التخدير	1.0	0.33	0.0	0.67
مسافة البعد	0.60	0.40	1.0	0.0
ساعات العيادة الأسبوعية	1.0	0.0	1.0	1.0
جودة العمل	1.0	0.33	0.0	0.67

2.7.15 أسلوب هيرفيتش

يمكن استخدام قيم الخصائص االعديمة البعد بطرائق مختلفة. وتتمثل أكثر الطرق تشاؤماً في افتراض أن كل بديل هو جيد فقط ما دام يحقق أصغر قيمة لخاصية أداء. ويكون الهدف في هذه الحالة اختيار البديل ذي القيمة الفضلى لأسوأ خاصية (أي، القيمة الكبرى للخاصية الصغرى). ويوضح العمود الأيسر من (الجدول 10.15) ذلك لبيانات المثال 15-1، ويُختار الدكتور مولار بموجب هذا الأسلوب، ويدعى هذا الأسلوب *بقاعدة أكبر الأصغر* ***maximin rule***.

من ناحية أخرى، يمكن للمرء أن يكون متفائلاً جداً وأن يختار البديل ذا القيمة الفضلى لخاصيته الفضلى (أي، القيمة الكبرى للخاصية الكبرى). وتدعى هذه القاعدة *أكبر الأكبر* ***maximax***، ويبينها الجانب الأيسر من (الجدول 1.15). ويمكن التغلب على حالة الحصول على نفس النتيجة لأكثر من بديل عند اتباع أي من القاعدتين أكبر الأصغر أو أكبر الأكبر بأخذ الخاصية التالية الأصغر أو الأكبر، على الترتيب، وهكذا حتـــى يتبقى بديل واحد. هذا وتؤدي قاعدة أكبر الأكبر في (الجدول 10.15) إلى أن يكون الدكتور بيبر هو الاختيار الأفضل.

يوفر استخدام *أسلوب هيرفيتش* الوسائل للوصول إلى مستوى متوسط بين تشاؤم أكبر الأصغر وتفاؤل أكبر الأكبر. ويستند إلى مؤشر التفاؤل α، الذي يُختار ليعبِّر عنه الاتجاه النسبـــي لصانع القرار. فمثلاً، يمكن أخذ α مساوياً إلى 0 في حالة التشاؤم البحت، ومساوياً 1 للتفاؤل البحت. أما القيم بين 0 و1 فستعبِّر عن اتجاهات متوسطة. يُستخدم بعد ذلك مؤشر التفاؤل لتثقيل نتائج أكبر الأصغر وأكبر الأكبر. ويُختار البديل الأفضل على أساس المجموع الموزون (المثقل).

الجدول 10.15: قواعد أكبر الأصغر وأكبر الأكبر مطبقة على البيانات العديمة البعد.

البديل	قيمة الخاصية السُّوأى (الجدول 9.15)	قيمة الخاصية الفضلى (الجدول 9.15)	قيمة الخاصية الفضلى التالية[a]
د. مولار	0.05	1.0	0.60
د. فيلجود	0.0	0.40	0.33
د. هوبز	0.0	1.0	0.0
د. بيير	0.0	1.0	0.67

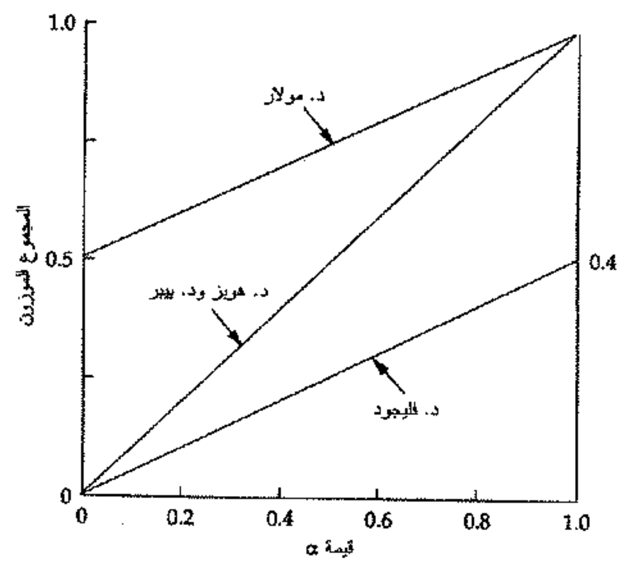
[a] عندما يكون للبدائل أكثر من خاصية واحدة بقيمة أكبر، فالخاصية الفضلى التالية يمكن اختيارها بطريقتين مختلفتين: (1) يمكن ببساطة تكرار القيمة الكبرى للبدائل عندما تحدث أكثر من مرة واحدة، أو (2) يمكن اختيار القيمة الكبرى التالية بدلاً من ذلك. وقد استُخدمت الطريقة الأخيرة في الجدول.

يبين (الجدول 11.15) أسلوب هيرفيتش لأجل $\alpha = 0.50$. ويمكن أن تختلف قيمة α كما يبين (الشكل 1.15) لتحليل حساسية اختيار الدكتور مولار، الذي حُكم عليه بأنه الأفضل في (الجدول 11.5). ويتضح أنه وفق أسلوب هيرفيتش يهيمن الدكتور مولار على جميع المرشحين الآخرين.

الجدول 11.15: أسلوب هيرفيتش المطبق على المثال 15-1.

البديل	قيمة الخاصية السُّوأى (الجدول 9.15)	قيمة الخاصية الفضلى (الجدول 9.15)	المجموع الموزون (المثقل)[a]
د. مولار	0.50	1.0	0.75
د. فيلجود	0.0	0.40	0.20
د. هوبز	0.0	1.0	0.50
د. بيير	0.0	1.0	0.50

[a] المجموع الموزون لكل بديل = α (قيمة الخاصية الفضلى + $(1 - \alpha)$ (قيمة الخاصية السُّوأى)، حيث α يساوي 0.50.



الشكل 1.15: حساسية الاختيار وفق أسلوب هيرفيتش للتغيرات في قيمة α.

الانتقاد الهام الذي يوجه إلى هذه الطرائق هو عدم محاولة تضمين أوزان أهمية نسبية للخصائص. فحتـــى هذه النقطة أُعطي وزن متساوٍ للخصائص. وجرت المقارنات فقط على أساس القيم الفضلى أو السُّوأى، التـــي تمثل عادة خصائص مختلفة من بديل لآخر. ويقود ذلك إلى بعض المقارنات المبالغ فيها في اختيار ماري لطبيب الأسنان. وكمثال جيد على هذه المقارنة الحدية يمكن أخذ الترتيب المتساوي للدكتورين هوبز وبيبر بدلالة خصائصهما التـــي هي أقل أداءً. (انظر الجدول 9.15). حيث إن الخاصية السُّوأى للدكتور بيبر هي مسافة القيادة، على حين أن الخاصية السُّوأى للدكتور هوبز هي جودة العمل وطريقة التخدير. أما ماري، بصفتها مريضة مرتقبة، فإن ما سيهمها أكثر هو جودة العمل وتخفيف الألم مقارنة بمسافة القيادة. كما أن أسلوب هيرفيتش لا يسمح بإجراء المبادلات بين البدائل.

3.7.15 تقنية التثقيل (الوزن) والجمع

تُستخدم تقنية التثقيل والجمع استخداماً مباشرة في حالة الخصائص العديمة البعد كتلك الواردة في (الجدول 9.15) ونتائج الترتيب العددي الأولي وفق ما هو موضح في (الجدول 6.15). ويتضمن هذا الأسلوب إعطاء أوزان (أثقال) للخصائص (استناداً إلى الترتيبات الأولية) التـــي يمكن ضربها بقيم الخصائص العديمة البعد المناسبة للحصول على *المساهمة الجزئية partial contribution* للخاصية في الحصيلة الإجمالية للبديل المحدد. وبعد جمع الإسهامات الجزئية لجميع الخصائص يمكن استخدام المجموعة الناجمة من محصلات البدائل لمقارنة البدائل مباشرة.

أما أوزان (أثقال) الخصائص فينبغي تحديدها في خطوتين تأتيان بعد الترتيب الأولي. الخطوة الأولى هي إعطاء الأوزان النسبية لكل خاصية وفق ترتيبها الأولي. ويتمثل أبسط الأساليب في استخدام ترتيبات من قبيل 1, 2, 3, ... استناداً إلى وضع الخاصية، حيث تدل الأرقام الكبيرة على الأهمية الكبيرة؛ إلا أنه يمكن أيضاً إدخال الاعتبارات الموضوعية استخدام مجالات غير فردية[2] في بعض الحالات. فمثلاً، في حالة وجود أربعة خصائص، اثنتان منهما أكثر أهمية من الأخريين، فإن أكثر خاصيتين أهمية يمكن أن تعطيا قيماً مثل 7 و5 بدلاً من 3 و4. أما الخطوة الثانية فهي تعيير أعداد الترتيب النسبية. وهذا يمكن أن يحصل بتقسيم كل عدد ترتيب على مجموع جميع الترتيبات. هذا ويلخص (الجدول 12.15) هذه الخطوات للمثال 15-1 ويوضح كيفية تحديد الحصيلة الكلية لكل بديل.

تعد طريقة التثقيل والجمع أكثر الطرائق الوحيدة البعد شيوعاً لأنها تتضمن كلاً من درجات الأداء وأوزان الأهمية لكل خاصية عند تقييم البدائل. كما أن هذه الطريقة تعطي توصيات تميل للاتفاق مع الشعور الحدسي لصانع القرار فيما يتعلق بالبديل الأفضل. وربما تتمثل فائدتها الكبرى في أن البيانات العديمة البعد وأوزان الخصائص تُفصل إلى خطوتين منفصلتين. وهذا يقلل الالتباس ويسمح بالتعريف الدقيق لكل من هذه الإسهامات. ويتضح من (الجدول 12.15) أن حصيلة الأوزان المجمعة للدكتور مولار وهي (0.84) تجعله الاختيار الأعلى لطبيب أسنان ماري.

المثال 15-2

لتوضيح تطبيق تقنية التثقيل والجمع، لنأخذ مســـألة القرار التـــي تتضمن اختيار مادة أجنحة الطائرة لطائرة تجاريـــة حديثة. بافتراض أن شركة الطيران الملاحية العامة **General Aviation aircraft company** اختصرت اختيارها لمادة الأجنحة إلى بديلين تم التوصل إليهما بأنهما أفضل من الخيارات الأخرى. وتنحصر مهمة المهندسين الآن في التوصية بالمادة الفضلى.

[2] أي إن الترتيبات المتتالية للخصائص لا يفصل بينها رقم 1، وإنما أرقام قد تكون أكثر من 1. (المترجم)

الجدول 12.15: تقنية التثقيل والجمع مطبقة على المثال 15-1.

الخاصية	حساب عوامل الوزن (التثقيل)		حساب الحصيلة لكل بديل[b]							
	الخطوة 1:	الخطوة 2:	الدكتور مولار		الدكتور فيلجود		الدكتور هوبز		الدكتور بيير	
	المرتبة النسبية[a]	الوزن المعير (A)	(B)	(A) × (B)	(B)	(A) × (B)	(B)	(A) × (B)	(B)	(A) × (B)
التكلفة	4	4/15 = 0.27	0.50	0.14	0.00	0.00	1.00	0.27	0.67	0.18
التحذير	3	3/15 = 0.20	1.00	0.20	0.33	0.07	0.00	0.00	0.67	0.13
المسافة	1	1/15 = 0.07	0.60	0.04	0.40	0.03	1.00	0.07	0.00	0.00
ساعات العيادة	2	2/15 = 0.13	1.00	0.13	0.00	0.00	1.00	0.13	1.00	0.13
الجودة	5	5/15 = 0.33	1.00	0.33	0.33	0.11	0.00	0.00	0.67	0.22
	المجموع = 15	المجموع = 1		المجموع = 0.84		المجموع = 0.21		المجموع = 0.47		المجموع = 0.66

[a] استناداً إلى الجدول 6.15، المرتبة النسبية = الترتيب الأولي + 1. والمرتبة التي تساوي 5 هي الفضلى.

[b] البيانات في العمود B هي من الجدول 9.15.

البديل الأول هو خليطة الألمنيوم والثانـــي هو مركب (الراتنج الإيبوكسي المسلح بألياف البورون epoxy-resin reinforced by fibers of bordon). وقد استُخدمت في (الجدول 13.15) تقنية التثقيل والجمع لتحديد القيمة النسبية (W) للبدائل، بحيث أن 100 تمثل الأداء الممكن الأفضل. أما تكاليف المواد (C) لكل بديل فقد قُدِّرت كذلك، ويبينها (الجدول 14.15). أي من المادتين ينبغي اختيارها لأجنحة الطائرة في ضوء هذه المعلومات؟

الجدول 13.15: التحليل المتعدد الخصائص لقيمة المادة.

الخصائص	وزن الخاصية	خليطة الألمنيوم		المركب	
		الأداء	القيمة الموزونة	الأداء	القيمة الموزونة
مقاومة الصدأ	0.15	50	7.5	90	13.5
مقاومة الكلال	0.20	80	16.0	70	14.0
الوزن	0.45	50	22.5	100	45.0
المقاومة	0.20	30	6.0	90	18.0
القيمة (W)			52.0		[a]90.5

[a] الحصيلة الكبرى هي المفضلة؛ الحصيلة العظمى تساوي 100.

الجدول 14.15: تقديرات التكلفة للمادة.

البديل	التكلفة
خليطة الألمنيوم	$1,000,000
المركب	$1,200,000

الحل

في هذا التمرين، كانت التكلفة الدنيا ممكنة التحقيق والتكلفة القصوى المسموحة التـــي توصّل إليها فريق التقييم $500,000 و$1,500,000 على الترتيب. كما أن عوامل التكلفة في (الجدول 15.15) تنتج من المعادلة 15-1 بافتراض أن الدولارات مقيسة خطياً بين $500,000 و$1,500,000.

الجدول 15.15: حساب مؤشر القيمة.

البديل	القيمة (W)	عامل التكلفة (C)[a]	مؤشر التكلفة = W/C
خليطة الألمنيوم	52.0	50.0	1.04
المركبات	90.5	30.0	[b]1.92

[a] للألمنيوم، $$50.0=\left[\frac{\$1,000,000-\$1,500,000}{\$500,000-\$1,500,000}\right]\times 100$$

للمركب، $$30.0=\left[\frac{\$1,200,000-\$1,500,000}{\$500,000-\$1,500,000}\right]\times 100$$

[b] نسبة تزايد W مقسومة على تزايد C.

انطلاقاً من هذه المعلومات قام الفريق بعد ذلك بحساب قيمة مؤشر القيمة مقسومة على التكلفة (W/C) لكل من البديلين (الجدول 15.15). ويبين التقييم النهائي أن خليطة الألمنيوم ذات مؤشر القيمة 1.04 مقبولة، إلا أن المادة الفضلى هي المركب لأنه يحقق *تزايداً* للقيمة إلى التكلفة[3] (≥ 0) $1.92 = |20- \div 38.5|$. لذا فإن البديل المقترح هو المركب.

موقع إنترنت مرافق (http://www.prenhall.com/sullivan-engineering/): إن التعامل مع تعدد الخصائص في المسألة المعقدة قد يبدو كأنه فعل شعوذة لعدد من المهندسين. زر الموقع لمشاهدة مثال على تحليل القرار المتعدد الخصائص لتصاميم البدائل لقواطع من الزئبق. يعرض هذا المثال تطبيق *تقنية التثقيل والجمع* التي تأخذ في الحسبان خصائص تكلفة دورة العمر والتأثيرات البيئية والسلامة وسهولة الاستخدام.

8.15 الخلاصة

شرحنا عدة طرائق للتعامل مع القرارات المتعددة الخصائص، وفيما يلي عرض لبعض النقاط الجوهرية:

1. عندما يكون من المرغوب الحصول على أكبر قيمة لمعيار وحيد للاختيار، مثل القيمة الحالية PW، فإن تقييم البدائل المتعددة يحصل بأسلوب مباشر نسبياً.
2. ينبغي في أي حالة صنع قرار تعريف الأهداف والبدائل المتوفرة والخصائص الهامة بوضوح منذ البداية. ويساعد إنشاء مصفوفة القرار كتلك الواردة في (الجدول 1.15) على تنظيم هذه العملية.
3. يمكن لصنع القرار أن يصبح متعرجاً عندما ينبغي تضمين تعدد الأهداف والخصائص في دراسة الاقتصاد الهندسي.
4. يمكن تصنيف نماذج تعدد الخصائص بأنها متعددة الأبعاد أو وحيدة البعد. وتحلل تقنيات الأبعاد المتعددة الخصائص بدلالة مقاييسها الأصلية. أما التقنيات الوحيدة البعد فتحول المقاييس المتعددة للخصائص إلى مقياس مشترك للقياس.
5. تعد النماذج المتعددة الأبعاد أو غير التعويضية مفيدة جداً للتصفية الأولية للبدائل. وفي بعض الحالات، يمكن استخدامها لصنع الاختيار النهائي، إلا أن ذلك ينطوي عادة على درجة كبيرة من التقييم الذاتي. ومن النماذج المتعددة الأبعاد التي نوقشت،يُعدّ نموذج الهيمنة الأقل اختياراً، على حين يعد نموذج الاقتناع الأكثر اختياراً.
6. تعد النماذج الوحيدة البعد أو التعويضية مفيدة لصنع الاختيار النهائي بين البدائل. وتسمح تقنية التثقيل والجمع للأداء الممتاز في بعض الخصائص أن يعوض الأداء السيئ في خصائص أخرى.
7. عند التعامل مع مسائل تعدد الخصائص التي تنطوي على خصائص متعددة وبدائل ينبغي دراستها، ينصح بتطبيق تركيب نماذج عديدة بالتالي لغرض اختصار عملية الاختيار إلى عملية يمكن إدارتها.

---

[3] القيمة المطلقة للنسبة صحيحة لأن التكلفة الكبيرة للمادة لها عامل تكلفة أقل. (انظر المعادلة 1.15). إذا كان عامل تكلفة التركيب أكبر من 50، فإن التركيب سيهيمن على خليطة الألمنيوم (أي، لن يكون هناك مبادلة بين W وC).

9.15 المراجع

CANADA, J., and W. SULLIVAN. *Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems* (Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, Inc., 1989).

COCHRANE, J. L., and M. ZELENY. *Multiple Criteria Decision Making*, Columbia, S.C., University of South Carolina Press, 1973.

FALKNER, C., and S. BENHAJLA. "Multi-Attribute Decision Models in the Justification of CIM Systems," *The Engineering Economist*, vol. 35, no. 2, Winter 1990, pp. 91–114.

FRAZELLE, E. "Suggested Techniques Enable Multi-Criteria Evaluation of Material Handling Alternatives," *Industrial Engineering*, vol. 17, no. 2, February 1985, pp. 42–48.

HUANG, P., and P. GHANDFOROUSH. "Procedures Given for Evaluating, Selecting Robots," *Industrial Engineering*, vol. 16, no. 4, April 1984, pp. 44–48.

MACCRIMMON, K. R. "Decision Making Among Multiple Attribute Alternatives: A Survey and Consolidated Approach," Memo RM-4823-ARPA. Rand Corporation, December 1968.

SAATY, T. "Decision Making, Scaling, and Number Crunching," *Decision Sciences*, vol. 20, no. 2, Spring 1989, pp. 404–409.

SAATY, T. "Priority Setting in Complex Problems," *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. EM-30, no. 3, August 1983, pp. 140–155.

WEBER, STEPHEN F. "Automation: Decision Support Software for Automated Manufacturing Investments," No. N1ST1R89-4116. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, August 1989.

ZELENY, M. *Multiple Criteria Decision Making* (New York: McGraw-Hill, 1982).

10.15 مسائل

الرقم الوارد ضمن الأقواس ( ) يشير إلى الفقرة التـــي تعود المسألة لها.

1.15 افترض أنك حصلت على درجة البكالوريوس، وأنك ترغب في الحصول على درجة الماجستير، وتحاول الآن صنع القرار المتعلق بالجامعة التـــي ستسجل فيها. وفي هذا الصدد يعد عمرك وخلفيتك ومجال دراستك الجامعية الأولى وحالتك المالية وغيرها مدخلات مقبولة لقرارك. عرّف ست خصائص لاستخدامها في اختيار الجامعة ورتبها وفق أهميتها. أعط أوزاناً تقريبية للخصائص باستخدام إحدى الطرائق التـــي ناقشها هذا الفصل. وكن جاهزاً للدفاع عن موقعك. (7.15, 3.15)

2.15 عدد إيجابيتين وسلبيتين للنماذج غير التعويضية للتعامل مع مسائل القرار المتعددة الخصائص. وقم بالأمر نفسه للنماذج التعويضية. (7.15, 6.15)

3.15 ناقش الطرائق التـــي يمكن معها استخدام نموذج الاقتناع وأسلوب هيرفيتش في تمارين صنع القرار للمجموعات* (7.15, 6.15)

4.15 ناقش بعض صعوبات اشتقاق توابع غير خطية للقياس العديم البعد للبيانات النوعية (الذاتية)[4]. (7.15)

5.15 لدينا مصفوفة النتائج الواردة في (الجدول P15.5) للبدائل والخصائص (الأرقام الكبيرة هي المفضلة)، بيّن ما يمكنك

---

* المقصود بصنع القرارات للمجموعات أن صنع القرار يتم من قبل أكثر من شخص واحد، كما هو الحال في لجان التحكيم أو التقييم (المترجم).

[4] البيانات النوعية أو الذاتية هي البيانات التـــي تُقيَّم بأحكام شخصية مثل جيد أو جيد جيداً وليس بأحكام رقمية. (المترجم).

استنتاجه باستخدام كل من الطرائق التالية: (6.15)

أ. الاقتناع؛

ب. الهيمنة؛

ج. المعجم، وحيث ترتيب الخصائص D > C > B > A.

الجدول P15.5: مصفوفة النتائج للمسألة 5.15.

الخاصية	البديل			المثالي	الحد الأدنى للقبول
	1	2	3		
A	60	75	90	100	70
B	7	7	8	10	6
C	ضعيف	ممتاز	وسط	ممتاز	جيد
D	7	8	8	10	6

6.15 بالعودة إلى البيانات الواردة في الجدول P6.15)، اقترح البديل الأفضل باستخدام (أ) الهيمنة، (ب) الاقتناع، (ج) التفريق، (د) المعجم. (6.15)

الجدول P15.6: بيانات المسألة 6.15.

الخاصية	البديل				القيمة المقبولة الدنيا
	المشروع I	المشروع II	المشروع III	النظام الموجود حالياً	
A. اختصار الزمن	%75	%60	%84	–	%50
B. المرونة	جيد	ممتاز	جيد	ضعيف	جيد
C. الموثوقية	ممتاز	جيد	جيد جداً	–	جيد
D. الجودة	جيد	ممتاز	ممتاز	وسط	جيد
E. تكلفة النظام (PW لتكلفة دورة العمر)	$270,000	$310,000	$214,000	$0	$350,000

المقارنات الزوجية:

1. A < B   6. B > D

2. A = C   7. B < E

3. A < D   8. C < D

4. A < E   9. C < E

10. D < E   5. B < C

7.15 تُدرس ثلاثة تصاميم لآلة نابذة صناعية لمحطة كيميائية جديدة.

أ. اقترح التصميم الأفضل باستخدام البيانات في (الجدول P15.7) وذلك بكل طريقة من الطرائق التـي نوقشت في هذا الفصل للتعامل مع الخصائص غير المالية.

ب. كيف يمكنك تعديل التحليل الخاص بك إذا وجدت بأن هناك خاصيتين أو أكثر متعلقتين إحداهما بالأخرى (مثل، الصيانة وجودة المنتج). (7.15, 6.15)

8.15 استخدمت ماري جونـز تقنية التثقيل والجمع لاختيار الوظيفة مع شركة سيجما في ماكون، في جورجيا Sigma Ltd. In Macon, Georgia. وقد استخدمت ماري أوزان الأهمية التالية للخصائص الأربع في (الجدول 1.15)، المناخ

الاجتماعي = 1.00، المرتب المبدئي = 0.50، التقدم المهنـــي الوظيفي = 0.33، الطقس والرياضات = 0.25. أما مراتب القيم العديمة البعد فقد أخذت في (الجدول 1.15) كما يلي: ممتاز = 1.00، جيد جداً = 0.70، جيد = 0.40، وسط = 0.25، ضعيف = 0.10.

الجدول P7.15: بيانات المسألة 7.15.

الخاصية	الوزن	التصميم			المجال المجدي
		A	B	C	
التكلفة الأولية	0.25	$140,000	$180,000	$100,000	$80,000-$180,000
الصيانة	0.10	جيد	ممتاز	وسط	وسط - ممتاز
السلامة	0.15	غير معلوم	جيد	ممتاز	جيد - ممتاز
الموثوقية	0.20	%98	%99	%94	%94-99
جودة المنتج	0.30	جيد	ممتاز	جيد	وسط - ممتاز

أ. قم بمعايرة Normalize (تحويل إلى نسب) أوزان الأهمية الخاصة بماري.

ب. طور القيم العديمة البعد لخاصية المرتب المبدئي.

ج. استخدم نتائج (أ) و(ب) في مصفوفة القرار لمعرفة: هل كان اختيار ماري منسجماً مع نتائج استخدام تقنية التثقيل والجمع. (7.15)

الجدول P15.9: بيانات المسألة 9.15.

الخصائص	المسار A	المسار B
المالية		
الأرض	$4,044,662	$4,390,000
الجسور	10,134,000	8,701,000
الرصيف	4,112,500	4,462,500
التسوية والتصريف	7,050,000	7,650,000
التحكم بالتلف	470,000	510,000
التنظيف وإعادة الغراس	188,000	204,000
المجموع	$25,999,162	$25,917,500
متنوعة		
طول المسار	4.7 ميل	5.1 ميل
الصيانة	عادية (6)	مرتفعة (3)
الضجيج	جيد جداً (6)	جيد (5)
الاقتصاد في التكلفة (البنـــزين)	ممتازة	ضعيفة
إمكانية الوصول إلى الطرق الرئيسية الأخرى	طريق U.S 41	لا يوجد
التأثير على الحياة البرية	قليل	قليل
إخلاء وإعادة إسكان المساكن	2	3
ظروف الطريق	سهلية	هضبية

9.15 تم اقتراح مسارين لطريق سريع للوصول إلى مصنع جديد. ويمكن إجراء المقارنة بين المسارين استناداً إلى البيانات

والمعلومات المعطاة في (الجدول 9.15P). والمسار المقترح الأفضل ينبغي اختياره بحيث يؤمن الاتصال بين طريق داخل الولاية والموقع المقترح. وينبغي أخذ الخصائص والبيانات التالية في الحسبان:

أ. الميول الرأسية والمنحنيات الأفقية والمنطقة؛

ب. الأنهار والجداول والبحيرات وحفر المياه؛

ج. تقاطعات الطرق؛

د. طول المسار؛

هـ. الكنائس والمقابر والمناطق السكنية؛

و. الضجيج وتلوث الهواء والمياه.

ز. استخدم أي نموذج من النماذج التي عُرضت في هذا الفصل لاقتراح مسار الطريق. بين عملك كله. (7.15, 6.15).

10.15 استخدم جميع النماذج المتعددة الخصائص الواردة في هذا الفصل لصنع قرار بشأن عرض الوظائف الذي ينبغي قبوله. حاول وضع البيانات في أماكن إشارات الاستفهام لحالتك الخاصة في ضوء الخصائص المبينة. (انظر الجدول P15.10). (7.15, 6.15).

الجدول P15.10: بيانات عرض الوظيفة للمسألة 10.15.

الخاصية	عرض الوظيفة			الوزن	المجال المجدي
	1	2	3		
الموقع	فوينكس Phoenix	بوفالو Buffalo	ريلي Raleigh	؟	–
المرتب السنوي	$46,000	$47,500	$43,000	؟	؟
القرب من الأقارب	؟	؟	؟	؟	؟
جودة وقت الفراغ	؟	؟	؟	؟	؟
التحفيز الكامن	وسط	ممتاز	ممتاز	؟	؟
زمن الانتقال/في اليوم	1 ساعة	1.5 ساعة	0.5 ساعة	؟	؟
منافع إضافية	ممتاز	جيد جداً	جيد	؟	؟
نوع العمل	مصنع	مشفى	حكومة	؟	؟

11.15

أ. استخدم تقنية التثقيل والجمع لاختيار واحدة من السيارات الثلاثة المستعملة التي أعطيت البيانات الخاصة بها في (الجدول P15.11). ضع فرضياتك المتعلقة بالمسافات المقطوعة بالميل كل سنة وعمر السيارة (المدة التي ترغب بالاحتفاظ بها) والقيمة السوقية (إعادة البيع) في نهاية العمر وتكلفة الفائدة وسعر الوقود وتكلفة الصيانة السنوية والتحديدات الأخرى المقررة ذاتياً (من قبلك). (7.15)

ب. استخدم البيانات التي طورتها في (أ) وأسلوب هيرفيتش مع $\alpha = 0.70$ لاختيار السيارة التي ينبغي شراؤها. هل تتفق إجاباتك في (أ) و(ب)؟ اشرح لماذا يجب أن تكون إجاباتك متفقة (أو غير متفقة). (7.15)

12.15 تطوعت للخدمة كحكم في مباراة الغرب الأوسط Midwestern لاختيار إشراقة الشمس Sunshine، وهي أكثر فنازير العالم فائدة. ويبين (الجدول P15.12) التقييمات الخاصة بك للمشاركين الأربعة وذلك لكل من الخصائص

المستخدمة للتمييز بين المشاركين في مرحلة ما قبل الاختيار النهائي.

أ. استخدم كلاً من نماذج الهيمنة والمجالات المحدية والمعجم والتثقيل والجمع لاختيار المشارك الفائز. طور المجالات المحدية الخاصة بك وكذلك أوزان الخصائص. (7.15, 6.15)

ب. إذا كان هناك حَكَمان آخران، ناقش كيفية صنع الاختيار النهائي لإشراقة الشمس لهذا العام. (7.15)

الجدول P15.11: بيانات السيارات المستعملة الثلاث للمسألة 11.15.

الخاصية	البديل		
	محلي 1	**محلي 2**	**أجنبسي**
السعر	$8,400	$10,000	$9,300
استهلاك الوقود	25 ميل بالجالون	30 ميل بالجالون	35 ميل بالجالون
نوع الوقود	بنـــزين	بنـــزين	ديزل
الراحة	جيد جداً	ممتاز	ممتاز
النواحي الجمالية	5 من 10	7 من 10	9 من 100
عدد الركاب	4	6	4
سهولة الخدمة	ممتاز	جيد جداً	جيد
الأداء على الطريق	وسط	جيد جداً	جيد جداً
نظام الستيريو	ضعيف	جيد	ممتاز
سهولة تنظيف التنجيد	ممتاز	جيد جداً	ضعيف
حجم صندوق الأمتعة	جيد جداً	ممتاز	ضعيف

13.15 قررت شراء سيارة صغيرة جديدة وترغب في إنفاق حد أقصى يبلغ $20,000 من حساب الادخار الخاص بك. (الأموال التـــي لا تنفق ستبقى في الحساب، بحيث تحقق فائدة فعلية 12% سنوياً). وقد اختُصرت عملية الاختيار إلى ثلاثة سيارات لها قيم الخصائص المبينة في (الجدول P15.13).

استخدم أربعة طرائق للتعامل مع الخصائص غير المالية (الهيمنة والمجالات المحدية والمعجم والتثقيل والجمع) وحدد إمكان صنع الاختيار في كل منها. طوِّر البيانات الإضافية التـــي تعبِّر عن تفضيلاتك. (7.15, 6.15)

الجدول P15.12: تقييم المرشحات الأربعة للمسألة 12.15.

الخاصية	المتنافس			
	I	II	III	IV
جودة الوجه	جذاب لكن ممتلئ	عيون حزينة، أنف كبير	شفاه كبيرة، آذان صغيرة	فاتك حقيقي!
التوازن [a]	10	8	8	3
تناسق الجسم[a]	5	10	7	8
الوزن (باوند)	400	325	300	380
اللون	أسمر	مرقعة، أسود وأبيض	أشقر	أسمر وأبيض
التصرف	ودود	هادئ	يبتهج بسهولة	متجهم

[a] تم دُرِّجت البيانات وفق مقياس من 1 إلى 10، حيث 10 هي أعلى مرتبة ممكنة.

14.15 تعد نماذج التثقيل والجمع أداة لصنع القرار عبر جمع المعلومات من معايير مستقلة مختلفة للوصول إلى حصيلة كلية لكل تصرف يجري تقييمه. ويكون البديل ذو الحصيلة العليا هو البديل الأفضل.

الشكل العام لهذا النموذج هو:

$$V_j = \sum_{i=1}^{n} w_i x_{i\,j}$$

حيث:

Vj = حصيلة البديل j

wi = الوزن المخصص لخاصية القرار i $(1 \le i \le n)$

x_{ij} = الدرجة المخصصة للخاصية i، والتـي تعبِّر أداء البديل j بالنسبة إلى أقصى ما يمكن تحقيقه من الخاصية.

ادرس (الجدول P15.14) في ضوء هذه التعاريف وحدد قيمة كل من "؟" الواردة فيه. (7.15)

الجدول P15.13: خصائص السيارات الأربع للمسألة 13.15.

الخاصية	البديل: محلي 1	البديل: محلي 2	البديل: أجنبـي	المجال المجدي
السعر	$18,400	$20,000	$19,300	$0-$20,000
استهلاك الوقود	25 ميل بالجالون	30 ميل بالجالون	35 ميل بالجالون	20-50 ميل بالجالون
نوع الوقود	بنـــزين	بنـــزين	ديزل	بنـــزين أو ديزل
الراحة	جيد جداً	ممتاز	وسط	وسط – ممتاز
النواحي الجمالية	4 من 10	8 من 10	9 من 10	4-10
عدد الركاب	6	6	4	2-6
سهولة الخدمة	ممتاز	جيد جداً	جيد	وسط – ممتاز
الأداء على الطريق	وسط	ممتاز	جيد جداً	وسط – ممتاز

الجدول P15.14: بيانات المسألة 14.15.

i	W_i	الدرجة (المرتبة)	عامل القرار		البديل j: (1) الاحتفاظ بأداة الآلة الحالية	البديل j: (2) شراء أداة آلة جديدة
1	1.0	1	التكلفة السنوية للامتلاك (تكلفة تغطية رأس المال)	المرتبة	؟	؟
				x_{ij}	1.0	0.7
2	؟	4	المرونة في أنواع الأعمال المجدولة	المرتبة	2	1
				x_{ij}	0.8	1.0
3	0.8	2	سهولة التدريب والتشغيل	المرتبة	1	2
				x_{ij}	؟	0.5
4	0.7	؟	الاقتصاد في الوقت بالقسم المنتج	المرتبة	2	1
				x_{ij}	0.7	1.0
				V_j	2.69	2.30
				V_j (معير)	1.00	؟

الجزء الرابع

الملاحق

A. المحاسبة وعلاقتها بالاقتصاد الهندسي.

B. الاختصارات والرموز.

C. جداول الفائدة للتركيب المتقطع.

D. جداول الفائدة والدفعات المنتظمة للتركيب المستمر.

E. التوزيع الطبيعي النظامي (المعياري).

F. مراجع مختارة.

G. أجوبة المسائل.

الملحق A

المحاسبة وعلاقتها بالاقتصاد الهندسي

1.A مدخل

ترمي دراسات الاقتصاد الهندسي إلى تحديد وجوب استثمار رأس المال في مشروع ما أو استخدامه بوجه مختلف عما هو مستخدم به حالياً. وتتعامل هذه الدراسات بصفة دائمة مع شيء ما لا يحدث حالياً وذلك بالنسبة لأحد البدائل المدروسة على الأقل. وتوفر هذه الدراسات المعلومات التـي يمكن أن تستند إليها القرارات الاستثمارية والإدارية المتعلقة بالعمليات المستقبلية. وهكذا، يمكن الإشارة إلى المهندس الذي يقوم بتحليل الاقتصاد الهندسي بأنه *المخبر عن الفرص البديلة* *alternatives fortune teller*.

بعد صنع القرار المتعلق باستثمار الأموال في المشروع وبعد أن يتم استثمار المال، فإن موردي المال والذين يديرونه يرغبون بمعرفة النتائج المالية. لذلك توضع الأساليب التـي تمكّن من تسجيل وتلخيص الأحداث المالية المتعلقة بالاستثمار، ومن ثم تحديد الإنتاجية المالية. كما يمكن في الوقت نفسه، وباستخدام معلومات مالية مناسبة، إجراء الرقابة واستخدامها للمساعدة كدليل للمشروع تجاه تحقيق أهدافه المالية المرغوبة. وتعد المحاسبة المالية ومحاسبة التكلفة الأساليب التـي توفر هذه الخدمات الضرورية في منظمة الأعمال (المنشأة). لذا فإن دراسات المحاسبة تهتم بالأحداث المالية الماضية أو الحالية، ويمكن الإشارة إلى المحاسب بأنه *المؤرخ المالي*.

يشبه المحاسب بوجه ما مسجل البيانات في التجربة العلمية. فالمسجل يقرأ الحجوم والأمتار المتعلقة بالتجربة ويسجل البيانات الجوهرية خلال إجراء التجربة. واستناداً إلى هذه السجلات يمكن تحديد نتائج التجربة وإعداد التقرير. يسجل المحاسب جميع الأحداث المالية المهمة المتعلقة بالاستثمار، ومن هذه البيانات يمكنه تحديد النتائج التـي تم الحصول عليها ويمكنه إعداد التقارير المالية. وبالنظر المتمعن بما حصل خلال إجراء التجربة وبإجراء التصحيحات المناسبة – التـي يمكن بواسطتها الحصول على معلومات أكثر ونتائج أفضل من التجربة – يمكن للمهندسين والمديرين الاعتماد على التقارير المالية لصنع قرارات تصحيحية لتحسين الأداء المالي الحالي والمستقبلي للأعمال.

المحاسبة بوجه عام هي مصدر معظم البيانات المالية السابقة التـي تحتاجها عملية صنع التقديرات المتعلقة بالظروف المالية المستقبلية. كما أن المحاسبة هي المصدر الرئيسي لبيانات *ما بعد الحادثة* *postmortem*، أو بعد الحقيقة، وبفضلها تُجرى التحليلات المتعلقة بمقارنة النتائج الفعلية للمشروع الاستثماري بالنتائج المتوقعة في دراسة الاقتصاد الهندسي.

وهناك حاجة إلى الفهم المناسب لأصول ومعنـى البيانات المحاسبية وذلك لاستخدام أو عدم استخدام هذه البيانات بأسلوب مناسب في صنع الإسقاطات المستقبلية وفي مقارنة النتائج الحقيقية بالنتائج المتوقعة.

2.A أساسيات المحاسبة

يشار إلى المحاسبة عادة بأنها لغة الأعمال. وعلى المهندسين بذل جهود جدية لتعلم ممارسة الشركة المحاسبية بحيث يمكنهم الاتصال بوجه أفضل مع الإدارة العليا. تتضمن هذه الفقرة ملخصاً مختصراً جداً وتعرض بأسلوب مبسط أوليات

المحاسبة المالية في تسجيل وتلخيص العمليات التـي تؤثر في تمويل المنشأة*. وتنطبق هذه الأساسيات على أية منشأة (مثل المنشأة الفردية أو الشركة المساهمة) وتدعى هنا *المنشأة* *firm*.

تستند *المحاسبة إلى المعادلة المحاسبية الأساسية*، وهي:

الأصول = الخصوم + حقوق الملكية** (1.A)

أما *الأصول* فهي الأشياء ذات القيمة المالية التـي تمتلكها المنشأة، وأما *الخصوم* فهي الأشياء ذات القيمة المالية التـي تستحق على المنشأة، وأما حقوق *الملكية* فهي قيمة ما يستحق على المنشأة لمساهميها (ويشار إليها أحياناً بمصطلحات مختلفة من قبيل *equities, net worth,* etc.). فعلى سبيل المثال، يمكن أن تكون الحسابات النموذجية لكل من بنود المعادلة (1.A) كما يلي:

حسابات الأصول	=	حسابات الخصوم	+	حسابات حقوق الملكية
النقدية (الصندوق، الكاش)		قرض قصير الأجل		
أوراق القبض		أوراق الدفع		رأس المال
المخزون		قرض طويل الأجل		
المعدات				الإيرادات المحتجزة (دخل محتجز لدى المنشأة)
الأبنية				
الأرض				

تعرِّف المعادلةُ المحاسبية الأساسية شكل *الميزانية العامة* *balance sheet*، والتـي هي واحدة من اثنتين من القوائم المحاسبية الأكثر شيوعاً والتـي تبين المركز المالي*** للمنشأة في أي لحظة من الزمن.

أما العلاقة المحاسبية الهامة الأخرى والأكثر وضوحاً فهي:

الإيرادات − المصروفات = الربح (أو الخسارة) (2.A)

وتعرِّف هذه العلاقة نموذج *قائمة الدخل* *Income statement* (ويشار إليها أيضاً *بقائمة الربح والخسارة* *profit-and-loss statement*)، وهي تلخص نتائج الإيرادات والمصروفات للعمليات *خلال مجال زمنـي*. ويمكن توسيع المعادلة (1.A) بحيث تأخذ في الحسبان الربح المعرَّف في المعادلة (2.A):

الأصول = الخصوم + (حقوق الملكية عند البدء + الإيرادات − المصروفات) (3.A)

الربح هو الزيادة في القيمة المالية (يجب عدم الخلط بينه وبين النقدية) التـي تنتج من عمليات المنشأة وهو متاح للتوزيع على المساهمين. لذا فهو يمثل العائد لمالكي رأس المال المستثمر.

* يستخدم في المحاسبة عادة مصطلح منشأة للتعبير عن أي شكل تنظيمي إداري عند شرح مبادىء المحاسبة (المترجم).

** تُرجم المصطلح الإنكليزي Assets هنا بالأصول تماشياً مع بقية الكتاب، وتشير إليه بعض المراجع العربية في المحاسبة بالموجودات، كما تُرجم المصطلح Liabilities بالخصوم تماشياً مع بعض المراجع في المحاسبة، مع أن مراجع عربية أخرى تستخدم مصطلح "مطاليب" للتعبير عن المفهوم نفسه (المترجم).

*** ولذلك يشار إلى الميزانية العامة أيضاً بقائمة المركز المالي (المترجم).

ومن المفيد أن نشبِّه الميزانية العامة بلقطة سريعة للمنشأة في لحظة زمنية، أما قائمة الدخل فهي صورة متحركة مختصرة للمنشأة خلال مجال زمني. ومن المفيد أيضاً ملاحظة أن الإيرادات تؤدي إلى زيادة مصالح المالكين في المنشأة، أما المصروفات فتؤدي إلى إنقاص قيمة حقوق ملكية المالكين في المنشأة.

ولشرح كيفية عمل الحسابات في التعبير عن صورة القرارات والإجراءات التي تحصل في المنشأة، لنفترض أن شخصاً قرر أخذ فرصة استثمار وأن السلسلة التالية من الأحداث تمت خلال سنة واحدة:

1. إنشاء منشأة XYZ واستثمار مبلغ $3,000 نقداً في رأس مالها.
2. شراء معدة بتكلفة إجمالية $2,000 دُفعت نقداً.
3. اقتراض مبلغ $1,500 من طريق ورقة دفع إلى أحد البنوك.
4. تصنيع توريدات لمدة سنة من المخزون بواسطة:
   (أ) دفع $1,200 نقداً للعمال.
   (ب) تحمل أوراق دفع بقيمة $400 للمواد.
   (ج) لحظ الخسارة الجزئية في القيمة (الاهتلاك) للمعدة بقيمة $500.
5. البيع على الحساب لجميع المنتجات المنتجة خلال السنة، 1,000 وحدة بسعر $3 لكل منها. ولحظ أن التكلفة المحاسبية لهذه المنتجات هي $2,100، تؤدي إلى زيادة في حقوق الملكية (عبر الأرباح) تساوي $900.
6. تحصيل $2,200 من أوراق القبض.
7. دفع $300 من أوراق الدفع و $1,000 من ورقة الدفع للبنك.

يبين (الشكل 1.A) نسخة مبسطة من المدخلات المحاسبية التي تسجل نفس المعلومات في شكل يبين آثارها على المعادلة المحاسبية الأساسية (مع "+" تدل على الزيادة و"-" تدل على النقص). كما يبين (الشكل 2.A) ملخصاً للنتائج.

ينبغي ملاحظة أن الربح الذي يتم خلال مدة ما يؤدي إلى زيادة قيمة حقوق الملكية في المنشأة بتلك القيمة. كما يلاحظ أيضاً أن التدفق النقدي الصافي من العمليات والبالغ $700 ($300 - $1,200 - $2,200 =) ليس نفسه هو الربح. وقد لُحظ هذا المبلغ في العملية 4ج، التي بُيِّن فيها استهلاك رأس المال (الاهتلاك) للمعدة بقيمة $500. ويستخدم الاهتلاك لتحويل جزء من الأصول إلى مصروف، والذي يؤثر بدوره في أرباح المنشأة، كما تبين المعادلة (2.A). وهكذا، يلاحظ أن قيمة الربح أعلى بـ $900، أو $200 من التدفق النقدي. ولأغراضنا هنا نُدخِل الإيراد عند تحققه، والمصروف عند دفعه.

أحد المؤشرات الهامة التي تنطوي على مؤشر مشوش يتعلق بالأداء المالي لما بعد الحقيقة (الأداء المالي المتحقق فعلاً) والتي يمكن الحصول عليها من (الشكل 2.A) هو "معدل العائد السنوي". وإذا ما أخذ رأس المال المستثمر بحيث يكون مساوياً لاستثمار المالكين (حقوق الملكية)، فإن معدل العائد السنوي في نهاية هذه السنة بوجه خاص يساوي $900/$3,900 = 23%.

	الحساب	1	2	3	4	5	6	7	الموازنة في نهاية السنة	
الأصول	النقدية	+$3,000	−$2,000	+$1,500	−$1,200		+$2,200	−$1,300	+$2,200	$4,500
	أوراق القبض					+$3,000	−2,200		+800	
	المخزون				+2,100	−2,100			0	
	المعدات		+2,000		−500				+1,500	
تساوي										
الخصوم	أوراق الدفع				+400			−300	+100	$4,500
	شيكات للبنك			+1,500				−1,000	+500	
زائد										
حقوق الملكية	حقوق الملكية	+3,000				+900			+3,900	

الشكل A.1 : التأثيرات المحاسبية على العمليات: منشأة XYZ

3.A محاسبة التكاليف

محاسبة التكاليف، أو محاسبة الإدارة، هي أحد وجوه المحاسبة ذات الأهمية الخاصة في تحليل الاقتصاد الهندسي وذلك بسبب أنها تهتم في المقام الأول بصنع القرار والرقابة عليه في المنشأة. ومن ثَم فإن محاسبة التكاليف هي مصدر معظم بيانات التكلفة اللازمة في صنع دراسات الاقتصاد الهندسي. ويمكن لمحاسبة التكاليف الحديثة أن تحقق أياً من (أو جميع)

الأهداف التالية:

1. تحديد التكلفة الفعلية للمنتجات أو الخدمات؛
2. توفير أساس منطقي لتسعير البضائع والخدمات؛
3. توفير وسائل تخصيص ومراقبة المصاريف؛
4. توفير معلومات يمكن أن تستند إليها قرارات التشغيل ويمكن بواسطتها تقييم قرارات التشغيل.

وعلى الرغم من بساطة الهدف الأساسي لمحاسبة التكاليف، فإن التحديد الدقيق للتكاليف عادة ليس كذلك. وبالنتيجة فإن بعض الإجراءات المستخدمة هي وسائل اختيارية تجعل من الممكن الحصول على إجابات معقولة الدقة لمعظم الحالات، إلا أنها قد تحوي نسبة ملموسة من الأخطاء في حالات أخرى، وخاصة المتعلقة منها بالتدفق النقدي الفعلي.

الميزانية العامة لمنشأة XYZ
في 31 كانون الأول (ديسمبر) 1997

الأصول		الخصوم وحقوق الملكية	
نقدية	$2,200	ورقة دفع (شيك بنك)	$500
أوراق القبض (المدينين)	800	أوراق دفع (دائنين)	100
المعدات	1,500	حقوق الملكية	3,900
المجموع	$4,500	المجموع	$4,500

قائمة الدخل لمنشأة XYZ
للسنة المنتهية في 31 كانون الأول (ديسمبر) 1997

			التدفق النقدي
إيرادات التشغيل (المبيعات)		$3,000	$2,200
تكاليف التشغيل (المخزون المهتلك)			
العمال	$1,200		-1,200
المواد	400		-300
الاهتلاك	500		0
		$2,100	———
الدخل الصافي (الأرباح)		900	$700

الشكل 2.A: الميزانية العامة وقائمة الدخل الناتجة عن العمليات المبينة في الشكل 1.A.

4.A عناصر التكلفة

تتمثل إحدى المشاكل الأولى في محاسبة التكاليف في تحديد عناصر التكلفة التـي تلزم لإنتاج المنتج أو لتحقيق الخدمة. وتقدم الدراسة الخاصة بكيفية حدوث هذه التكاليف مؤشراً على الأساليب المحاسبية التـي ينبغي وضعها للحصول على معلومات محاسبية مقنعة. كما أن فهم الأسلوب المستخدم لحساب هذه التكاليف يجعل من الممكن استخدامها استخداماً أفضل.

من المألوف من وجهة النظر الهندسية والإدارية في المنشآت الصناعية تقسيم العناصر العامة للتكلفة إلى *المواد المباشرة*

والعمل المباشر والنفقات العامة *overhead*. وتستخدم مصطلحات مثل عبء *burden* وتكاليف غير مباشرة *indirect costs* عادة دون تفريق (للتعبير عن الشيء نفسه) للدلالة على *النفقات العامة*، هذا وتنقسم تكاليف النفقات العامة بدورها أيضاً إلى أصناف متعددة.

وتدعى المواد التـــي يمكن اصطلاحاً واقتصادياً تحميلها مباشرة على تكلفة المنتج *بالمواد المباشرة direct materials*. وتستخدم مبادئ إرشادية عديدة عندما نقرر وجوب تصنيف مادة ما *كمادة مباشرة*. وبوجه عام ينبغي أن تكون المواد المباشرة سهلة القياس، وأن تكون لها نفس الكمية في المنتجات المتطابقة، وأن تُستخدم بكميات كبيرة من الناحية الاقتصادية. أما المواد التـــي لا تحقق هذه المعايير فتصنف بأنها *مواد غير مباشرة indirect materials* وهي جزء من النفقات العامة. فمن الصعب مثلاً تحديد كمية الغراء وورق الزجاج المستخدمة في صنع الكرسي بدقة. والأكثر صعوبة قياس الكمية الدقيقة من الفحم التـــي استخدمت لإنتاج البخار الذي المستخدَم بدوره لتوليد الكهرباء التـــي استخدمت لتسخين الغراء. وينبغي رسم بعض الحدود المعقولة التـــي يجب بعدها عدم محاولة قياس المواد المستخدمة بصفة مباشرة لإنتاج كل واحدة من المنتج.

كما أن تكاليف العمال أيضاً تنقسم إلى أصناف *مباشرة direct* *وغير مباشرة indirect*. أما تكاليف العمال المباشرة فهي التـــي يمكن تحميلها بسهولة ويسر على المنتج أو الخدمة المدروسة. وأما تكاليف العمال الأخرى، مثل المشرفين وناقلي المواد ومهندسي التصميم فتُحمَّل باعتبارها تكاليف عمل غير مباشرة ومن ثَم تُعامَل كجزء من تكاليف النفقات العامة. وغالباً ما تقتضي الضرورة معرفة ما تتضمنه بيانات تكلفة العمل المباشرة والمواد المباشرة قبل محاولة استخدامها في دراسات الاقتصاد الهندسي.

وإضافة إلى المواد غير المباشرة والعمل غير المباشر، هناك بنود أخرى عديدة للتكلفة ينبغي تحملها لدى إنتاج المنتجات أو تقديم الخدمات. فينبغي دفع ضرائب الملكية؛ كما ينبغي الحفاظ على أقسام المحاسبة والأفراد؛ وكذلك شراء وصيانة الأبنية والمعدات؛ وتوفير الإشراف. ومن الجوهري أن تُربَط تكاليف *النفقات العامة* الضرورية هذه بكل وحدة يتم إنتاجها بنسب متناسبة مع المنافع المتحققة. وإن التخصيص المناسب لتكاليف النفقات العامة هذه ليس سهلاً، ولا بد من استخدام طريقة تحقق بعض الحقيقة وتتصف بالبساطة إلى درجة معقولة لتخصيص هذه التكاليف غير المباشرة.

وكما هو متوقع عند البحث عن الحلول اللازمة لمواجهة المتطلبات المتعارضة كتلك الموجودة في تخصيص تكاليف النفقات العامة، فإن الأساليب الناتجة هي تقريبات تجريبية دقيقة في بعض الحالات وأقل دقة في حالات أخرى[1].

هناك طرائق متعددة لتخصيص تكاليف النفقات العامة بين المنتجات أو الخدمات المقدمة. ومن أكثر الطرائق انتشاراً في الاستخدام: التخصيص المتناسب مع تكلفة العمل المباشر، أو ساعات العمل المباشر، أو تكلفة المواد المباشرة، أو مجموع تكاليف العمل المباشر والمواد المباشرة، أو ساعات الآلة. وفي هذه الطرائق من الضروري تقدير تكاليف النفقات العامة الإجمالية وذلك إذا ما حُدِّدت التكاليف المعيارية. ووفق ذلك *فإن تكاليف النفقات العامة الإجمالية تتعلق عادة بمستوى معين من الإنتاج*، وهو شرط هام ينبغي دائماً تذكره عند التعامل مع بيانات تكلفة الوحدة. ويمكن تصحيح هذه التكاليف فقط للشروط التـــي تحددت لها.

---

[1] الفقرة 7.A تناقش منهجية متوفرة حالياً، وتدعى إدارة التكلفة المستندة إلى العملية Activity-based cost management، لتجنب تقديرات التكلفة المشوهة جداً الناتجة عن تخصيصات النفقات العامة التقليدية.

لشرح إحدى طرائق تخصيص تكلفة النفقات العامة، سنأخذ الطريقة التـــي تفترض أن تَكَبُّد النفقات العامة يكون بنسبة مباشرة لتكلفة العمل المباشر المستخدم. ووفق هذه الطريقة يكون معدل النفقات العامة (النفقات العامة لكل دولار من العمل المباشر) ومن ثم تكلفة النفقات العامة لكل وحدة كما يلي:

نسبة النفقات العامة = النفقات العامة الكلية بالدولارات لكامل المدة / العمل المباشر بالدولارات لكامل المدة

تكلفة النفقات العامة/الوحدة = نسبة النفقات العامة × تكلفة العمل المباشر/الوحدة (4.A)

وبافتراض أن تكلفة النفقات العامة الإجمالية يتوقع أن تبلغ في مدة مستقبلية (ربع سنة مثلاً): $100,000 وأن تكلفة العمل المباشر يتوقع أن تكون $50,000، فإن نسبة النفقات العامة = $50,000/$100,000 = $2 لكل دولار من تكلفة العمل المباشر. وبافتراض أن تكلفة العمل المباشر يتوقع أن تبلغ لوحده الإنتاج (أو العمل) $60، فإن تكلفة النفقات العامة لوحدة الإنتاج ستكون وفق المعادلة (4.A) $60 × 2 = $120.

ويتضح أن هذه الطريقة تحقق البساطة وسهولة التطبيق. وهي تعطي نتائج مقنعة في حالات عديدة. إلا أنها في حالات عديدة أخرى تعطي نتائج تقريبية جداً فقط، وذلك بسبب أن بعض بنود النفقات العامة، مثل الاهتلاك والضرائب، لها علاقة محدودة جداً بتكاليف العمل. ويمكن الحصول على التكاليف الكلية للمنتج نفسه بأسلوب مختلف قليلاً وذلك باستخدام أساليب مختلفة لتخصيص النفقات العامة. ويتعلق مقدار الفرق بمدى نجاح أو فشل كل طريقة في إنتاج نتائج تلامس الحقائق الواقعية.

5.A مثال على محاسبة التكاليف

يتضمن هذا المثال البسيط نسبياً نظام أمر المهمة الذي تُخصَّص بواسطته تكاليفُ الأعمال انطلاقاً من رقم المهمة. ويبين الشكل التالي توضيح هذه العملية تخطيطياً:

مواد مباشرة
عمل مباشر
نفقات عامة في المعمل
المهام (العمل قيد الإنجاز)
مخزون البضائع المصنعة
تكلفة المنتجات المباعة
نفقات البيع
النفقات الإدارية
النفقات الكلية

تُخصَّص التكاليف للمهام وفق الطريقة التالية:

1. ربط مواد الإنتاج بالمهام عن طريق طلبات المواد.
2. ربط العمل المباشر بالمهام عن طريق بطاقات العمل المباشر.
3. لا تُربَط النفقات العامة بالمهام بطريقة مباشرة، ولكن يجب أن يكون لها أسلوب تخصيص يربطها بأحد عوامل المورد، كالعمل المباشر، الذي تم أصلاً تحقيقه في المهمة.

بأخذ نظام تكاليف 100 مضرب تنس في شركة باولينج للسلع الرياضية Bowling Sporting Good Company:

المهمة # 161	100 مضرب تنس
معدل العمل	$7 في الساعة
الجلد	50 ياردة بسعر $2 للياردة
الأوتار	300 ياردة بسعر $0.50 للياردة
جرافيت	180 باوند بسعر $3 للباوند الواحد
ساعات العمل للمهمة	200 ساعة
تكاليف النفقات العامة السنوية الكلية للمعمل	$600,000
ساعات العمل المباشر السنوية الكلية	200,000 ساعة

تُربَط الآن التكاليف الرئيسية الثلاثة بالمهمة. وتصبح نفقات العمل والمواد المباشرة كما يلي:

المهمة # 161		
العمل المباشر	$7 × 200 =	$1,400
المواد المباشرة	الجلد: 50 × $2 =	100
	الأوتار: 300 × $0.50 =	150
	الجرافيت: 180 × $3 =	540
التكاليف الأولية (العمل المباشر + المواد المباشرة)		$2,190

لاحظ أن هذه التكلفة ليست هي التكلفة الكلية. وعلينا إيجاد طريقة لربط (تخصيص) تكاليف المصنع التي لا نستطيع ربطها مباشرة بالمهمة، والتي لم تُدرَج أيضاً في إنتاج المضارب المئة على الإطلاق. وتشكل تكاليف مثل طاقة تشغيل آلة قوالب الجرافيت واهتلاك هذه الآلة واهتلاك مبنى المصنع ورواتب المشرف نفقات عامة لهذه المنشأة. وتكاليف النفقات العامة هذه هي جزء من بنية التكلفة للمضارب المئة ولكن لا يمكن تحميلها مباشرة للمهمة. فعلى سبيل المثال هل يمكن أن نحدد كم من تقادم الآلة ينتج من تصنيع المضارب المئة؟ الأرجح أنه لا يمكننا تحديد ذلك. لذا ينبغي تخصيص هذه التكاليف للنفقات العامة للمضارب المئة باستخدام معدل النفقات العامة المحدد كما يلي:

$$\text{معدل النفقات العامة} = \frac{\$600,000}{\$200,000} = \$3 \text{ لكل ساعة عمل مباشر}$$

وهذا يعني أن $600 ($3 × 200) من تكلفة النفقات العامة الإجمالية البالغ $600,000 سيتم تخصيصها للمهمة # 161. وتصبح التكلفة الكلية للمهمة # 161:

العمل المباشر	$1,400
المواد المباشرة	790
النفقات العامة للمصنع	600
	$2,790

وتكون تكلفة تصنيع كل مضرب $27.90. فإذا خُصِّصت نفقات البيع والنفقات الإدارية بنسبة 40% من تكلفة السلع المبيعة، فإن النفقات الكلية لمضرب التنس تصبح $39.06 = 1.4($27.90).

6.A استخدام التكاليف المحاسبية في دراسات الاقتصاد الهندسي

عندما ذكرنا أن التكاليف المحاسبية ترتبط بمجموعة محددة من الشروط وأنها تنتج عن قرارات اختيارية معينة تهتم بتخصيص تكاليف النفقات العامة، كان من الواضح أنه ينبغي عدم استخدامها دون تعديل، وذلك في الحالات التـي تختلف فيها الشروط عن تلك التـي حُدِّدت هذه التكاليف لها. وبخلاف ذلك تتعامل دراسات الاقتصاد الهندسي مع الحالات التـي لا يتم القيام بها (عملها) الآن. وهكذا فلا يمكن عادة استخدام تكاليف المحاسبة الأولية دون تعديلها في هذه الدراسات الاقتصادية. ومع ذلك إذا فهمنا كيفية تحديد التكاليف المحاسبية، فينبغي أن نكون قادرين على تجزئتها إلى العناصر المكونة لها، وبعد ذلك نجد عادة أن عناصر التكاليف هذه ستزودنا بالمزيد من معلومات التكلفة التـي نحتاجها في دراسة الاقتصاد الهندسي. وهكذا، فإن فهم الأهداف الأساسية لمحاسبة التكاليف وأساليبها ستمكن المهندس من القيام بالتحليل الاقتصادي بحيث يتمكن من الاستخدام الأفضل لمعلومات التكلفة المتوفرة وبحيث يتجنب العمل غير المطلوب والأخطاء الجدية.

ينبغي عدم افتراض أن الأرقام الواردة في التقارير المحاسبية هي أرقام صحيحة وذات دلالة مطلقة، حتـى لو أعدها محاسبون محترفون بعناية فائقة، وسبب ذلك أن الأساليب المحاسبية تتضمن عادة افتراضات معينة تستند إلى أحكام ذاتية أو إلى قوانين ضريبية سارية المفعول. فمثلاً، يجب تحديد أو افتراض عدد سنوات الحياة التـي تستند إليها نفقة اهتلاك أصل ما، وقد يؤدي هذا التقدير لعدد السنوات إلى نفقات اهتلاك وقيم دفترية غير واقعية في التقارير المحاسبية. كما أن المحاسبة تنطوي على العديد من الممارسات المقبولة من وجهة النظر المحاسبية وإن كان من الممكن لهذه الممارسات أن تؤدي إلى معلومات غير واقعية لأغراض الرقابة الإدارية. فمثلاً، تظهر القيمة الدفترية الصافية للأصل عادة في الميزانية العامة (قائمة المركز المالي) بالسعر الأصلي (على أساس التكلفة) مطروحاً منها الاهتلاك الإجمالي المتراكم، ولو كانت القيمة الحقيقية لهذا الأصل في وقت ما أعلى بكثير أو أقل من هذه القيمة الدفترية المسجلة.

7.A أحدث التطورات في إدارة التكلفة[2]

في نظم المحاسبة التقليدية تُخصَّص تكاليف النفقات العامة باستخدام الأساس المستند إلى الحجم*، كما هو الحال في ساعات العمل المباشر أو تكاليف المواد المباشرة. وقد صُمِّمتْ أسس تخصيص التكلفة على أساس العمل المباشر أو كمية الإنتاج في الأصل لتقييم المخزون. ويتبع ذلك أن طرائق محاسبة التكاليف التقليدية تكون فعالة بالكامل عندما يكون العمل المباشر (أو المواد المباشرة) هو السبب المهيمن للتكلفة.

ومع أن نظم التكلفة المعيارية التقليدية كانت فعالة في الماضي، فإن التغير في تكنولوجيا التصنيع (كما هو الحال في فلسفة التصنيع "في الوقت المطلوب" Just-in-time والروبوتات والتصميم بمعونة الحاسب (الكاد CAD) ونظم التصنيع المرنة) أدى إلى جعل نماذج التكلفة التقليدية متقادمة نوعاً ما. وقد أدى التقدم التكنولوجي السريع إلى إعادة هيكلة نماذج

---

[2] أخذت من

J.A. Brimson, "Bringing Cost Management Up to Date," Manufacturing Engineering, vol. 102, no. 12, June 1988, pp. 49-51. Society of Manufacturing

أعيدت طباعته بإذن من جمعية مهندسي التصنيع في ديربورن Engineers, Dearborn, MI.

* التكاليف التـي تتغير بتغير حجم الإنتاج، تدعى أيضاً التكاليف المتغيرة (المترجم).

تكلفة التصنيع (مثل، تناقص حصة العمل المباشر ومكونات المخزون من التكلفة الكلية وتزايد حصة الاهتلاك التكنولوجي والهندسة ومعالجة البيانات). ونتيجة للطبيعة المتغيرة لمكونات التكلفة هذه فإن نظم محاسبة التكاليف المتوفرة حالياً وممارسات إدارة التكلفة لا تدعم على نحو كافٍ أهداف التصنيع المتقدم. وفي الحقيقة فإن نسبة العمل المباشر في تكلفة المنتج حالياً قليلة بحيث لا تتجاوز نسبة 5% من تكلفة المنتج، على حين تصل النفقات العامة إلى أكثر من 500%. وفي الصناعات المؤتمتة يؤدي تخصيص النفقات العامة المستند إلى الحجم إلى تشويه تكاليف المنتج بسبب أن العوامل المستخدمة لتخصيص النفقات العامة لا تسبب هذه التكاليف. وبالنتيجة تتشوه تكلفة المنتج نتيجة لمعدلات النفقات العامة المرتفعة التـي تكبر بتكاليف متعددة تؤثر مباشرة بالمنتج أكثر من حالة التخصيص الاختياري على أساس الحجم. وتتضمن المكونات العديدة من تكلفة المنتج التـي تتأثر بالمنتج نفسه نفقات عامة مخفية مثل انتقال المواد ومعالجة النظام وتخطيط العملية وإعادة العمل والصيانة الدورية وتخطيط ومراقبة الإنتاج وتوكيد الجودة.

لنفترض أن شركة ما تستخدم نظام محاسبة تكاليف تقليدي يطبق النفقات العامة استناداً إلى حجم العمل المباشر (الشكل 3.A). حيث تبلغ تكلفة المنتج 550$ بسعر بيع يساوي 660$، ويؤدي ذلك إلى تحقيق ربح صافٍ مسجل قدره: 110$ بالوحدة.

يتضمن تصنيع هذا المنتج عدداً ملموساً من العمليات المؤتمتة والبرمجيات والدعم والصيانة. ويؤدي تحليل هذه التكاليف المؤثرة في المنتج وغيرها من التكاليف إلى نتيجة مالية مختلفة كلياً (الشكل 4.A). حيث يتضح أن تكلفة المنتج الجديدة بعد التحليل كانت 925$. ومن ثَم فإن استخدام الشركة لسعر بيع 660$ سيؤدي إلى خسارة الشركة مبلغ 265$ في كل وحدة منتجة.

محاسبة التكاليف التقليدية		
سعر البيع		$660
العمل المباشر	$50	
المواد المباشرة	300	
النفقات العامة	200	
تكلفة الإنتاج الكلية		550
الربح الصافي		$110

الشكل 3.A: نظام محاسبة التكاليف التقليدي المطبق على النفقات العامة استناداً إلى حجم العمل المباشر.

والسبب الرئيسي لهذا التشوه هو أن معدل النفقات العامة يزداد بالتكاليف المباشرة التـي تنتج ضمنياً. وتُخصَّص تكلفة النفقات العامة الزائدة بعد ذلك للمنتجات على أساس العمل المباشر. وحتـى تكون طريقة التخصيص هذه صحيحة، يجب أن تكون هناك علاقة متكاملة بين العمل والتكنولوجيا. وبعبارة أخرى، إن تكلفة المنتج المسجلة عادة تستند على طرائق المحاسبة المختارة التـي لا تشكل مرآة لعملية التصنيع.

1.7.A نظم التكلفة المستندة إلى العملية*

تتعقب نظم إدارة التكلفة المستندة إلى العملية تكاليف النفقات العامة الخفية للعمليات المحددة التـي تسببها، وبذلك

* تُرجم مصطلح Activity هنا بـ "عملية"، ويمكن استخدام تعبير "نشاط" للدلالة على نفس المصطلح (المترجم).

توفر تكلفة منتج أكثر وثوقية.

هناك أربعة مفاهيم مفتاحية تفرّق بين التكلفة المستندة إلى العملية وبين نظم التكلفة المستندة إلى الحجم، وهذه المفاهيم تسمح للنظم المستندة إلى العملية بتوفير بيانات أكثر دقة عن تكلفة المنتج:

1. *محاسبة العملية Activity Accounting*. تحسب تكلفة المنتج في النظام المستند إلى التكلفة بأنها مجموع التكاليف اللازمة لتصنيع المنتج وتوريده. أما العمليات التـــي تقوم بها الشركة فتستهلك مواردها، ويؤدي توفير هذه الموارد واستخدامها إلى حدوث التكاليف.

محاسبة التكاليف الجديدة			
سعر البيع			$660
التكلفة			
ذات التأثير المباشر			
العمل المباشر	$50		
المواد المباشرة	300		
التكنولوجيا	200		
التلف وإعادة العمل	50		
التكلفة الضمنية			
مخزون المواد الأولية	20		
مخزون العمل قيد الإنتاج	60		
تكلفة مباشرة أخرى	90		
		770	
النفقات العامة العديمة التأثير		155	
التكلفة الكلية			925
الخسارة الصافية			($265)

الشكل 4.A: تقنيات إدارة التكلفة الجديدة، التـــي تأخذ في الحسبان تشعبات الأتمتة وتؤدي إلى نتائج مالية مختلفة.

في محاسبة العملية تُحلّل المنظمة (المنشأة، الشركة) إلى بنية للعملية توفر علاقة سبب وأثر منطقية لكيفية حدوث التكاليف وإنتاج المنتجات عند تحقيق الأهداف الأساسية وإنجاز العمليات المتعلقة بهذه الأهداف. واستناداً إلى ما ذكره بريمسون Brimsom، فإن نظام المحاسبة الفعال المستند إلى العملية يَستخدم الخطوات التالية[3]:

أ. تحديد العمليات الأساسية التـــي يجب إنجازها لتحقيق أهداف الشركة. العمليات التـــي تسمح بتحديد كيفية توظيف موارد الشركة لتحقيق أهدافها الأساسية.

ب. تحديد العلاقات السببية التـــي تسمح بربط النتائج (الأداء) بالمدخلات (الموارد). وسيستند عدد كبير من هذه العلاقات إلى مقاييس غير مرتبطة بالحجم كما هو الحال مثلاً في عدد الأجزاء في التصميم الجديد.

ج. تأكيد ناتج العملية بدلالة مقياس ينطلق من حجم *العملية* الذي تختلف فيه تكاليف العملية بأسلوب أكثر مباشرة

[3] J. A. Brimson, *Activity Accounting: An Activity-Based Costing Approach* (New York: John Wiley & Sons, 1991).
محاسبة العملية: طريقة التكلفة المستندة إلى العملية.

(مثل، عدد مرات إعداد الآلة اللازمة لتصميم معقد).

د. ربط العمليات بالمنتجات (أو الأهداف الأخرى) وتحديد حجم ناتج كل عملية ينسب لها. وتستخدم بنية التكلفة، المعروفة *بقائمة العمليات bill of activities*، لوصف كل نموذج للمنتج من استهلاك العملية.

هـ. تحديد عوامل النجاح الحرجة التي يمكن بها ترتيب عمليات المنشأة بأهداف استراتيجية محددة. وتدل هذه الخطوة على كيفية إنجاز الأداء المطلوب بفعالية بواسطة العمليات التي تقوم بها الشركة.

و. القيام بإجراء ما باستخدام فلسفة التحسين المستمر على فرص الإنتاجية المحددة في الخطوات أ- هـ. ولما كانت تكلفة العملية هي نسبة الموارد المستهلكة من قبل العملية إلى الإنتاجية المقيسة لهذه العملية، فإن هذه الخطوات[4] توفر وسائل تقييم الفعالية والكفاءة (أي الإنتاجية) للمديرين. وهكذا يمكن تقييم بدائل متعددة لإجراء التغييرات المرغوبة في نماذج التكلفة، سواء من طريق الاستثمار أو الوسائل التنظيمية، بقدر معقول.

II. *موجهات التكلفة Cost drivers*. موجه التكلفة هو حدث يؤثر في التكلفة/الأداء لمجموعة من العمليات المرتبطة. وتتضمن موجهات التكلفة المألوفة عدد مرات إعداد الآلة وعدد ملاحظات التغيير الهندسية وعدد أوامر الشراء. تعبّر موجهات التكلفة عن الطلبات المحملة على العمليات في كلٍّ من مستوى العملية ومستوى المنتج. وبمراقبة موجه التكلفة يمكن حذف التكاليف غير الضرورية، وهذا يؤدي إلى تحسين تكلفة المنتج.

III. *التأثير المباشر Direct traceability*. يتضمن التأثير المباشر نَسْبُ التكاليف إلى تلك المنتجات أو العمليات التي تستهلك الموارد. ويمكن لتكاليف نفقات عامة مخفية عديدة أن تؤثر مباشرة وبفاعلية في المنتجات، وهذا يؤدي إلى إتاحة تكلفة أكثر دقة للمنتج.

IV. *التكاليف المضافة العديمة القيمة Nonvalue-added costs*. في عمليات التصنيع قد يتوصل الزبائن إلى أن عمليات معينة لا تضيف أية قيمة إلى المنتج. وبفضل تحديد موجهات التكلفة يمكن للشركة أن تتوصل إلى هذه التكاليف غير الضرورية. تعمل نظم التكلفة المستندة إلى العملية على تحديد التكلفة وتحميلها للعمليات المنجزة (إضافة القيمة، وعدم إضافة القيمة) وبذلك يمكن للإدارة أن تحدد التغييرات المرغوب بإجرائها على متطلبات الموارد لكل عملية. وفي مقابل ذلك تعمل نظم التكلفة التقليدية على تجميع التكاليف بواسطة بنود خط الموازنة وبواسطة الوظائف.

تتجسد هذه المفاهيم الأساسية الأربعة في نظم التكلفة المستندة إلى العملية وتقود إلى معلومات تكلفة أكثر دقة. كما أن نظم التكلفة المستندة إلى العملية توفر مرونة أكبر من نظم التكلفة المألوفة بسبب أنها تنتج تنوعاً في أرقام التكلفة يعد مفيداً في محاسبة التكنولوجيا وفي تكلفة المنتج وفي تحليل دورة الحياة (العمر). إضافة إلى ذلك يمكن الاستفادة من أرقام التكلفة هذه في صنع قرارات خاصة عديدة منها تقييم المخزون والموازنة/التوقع وتحليل خط الإنتاج وقرارات الصنع/الشراء وتصميم التكلفة.

2.7.A مثال على التكلفة المستندة إلى العملية

تهدف هذه الفقرة إلى عرض مثال يبين كيفية استخدام التكلفة المستندة إلى العملية (ABC) للإحاطة بدقة أكبر بالتكلفة التقديرية اللازمة لتصنيع المنتج.

يقوم نظام ABC بتحديد العمليات الرئيسية لعملية إنتاج المصنع ثم تصنيفها إلى أربع مجموعات "أساسية": عمليات

[4] أضيفت كلمتا هذه الخطوات من قبل المترجم لتوضيح المعنى (المترجم).

مستوى الوحدة *unit-level*، ومستوى الدفعة *batch-level*، ومستوى المنتج *product-level*، ومستوى المصنع *facility-level*. وتفترض طريقة ABC أن موارد النفقات العامة جميعها لا تستهلك بالتناسب مع عدد الوحدات المنتجة. وتدخل طريقة ABC هذه المستويات التفرعية للتأكد أن التقدير النهائي لتكلفة المنتج يصور عملية التصنيع بأقرب شكل ممكن.

تكاليف مستوى الوحدة هي التكاليف التـــي يمكن نسبتها مباشرة إلى الحجم. ويمكن أن تتضمن هذه التكاليف عمليات مثل تكاليف ساعات العمل المباشر، وتكاليف المواد المحملة مباشرة، وتكاليف ساعات تشغيل الآلة.

تكاليف مستوى الدفعة هي التكاليف التـــي يمكن نسبتها مباشرة إلى دفعة إنتاج خاصة. وفي هذا النوع من التكلفة يجري استهلاك عمليات معينة بطريقة متناسبة مباشرة مع عدد الدفعات التـــي تتم لكل منتج. ويمكن أن تتضمن تكاليف مستوى الدفعة الإعداد والطلب ونقل المواد وتكاليف النقل.

تكاليف مستوى المنتج هي التكاليف التـــي يمكن نسبتها مباشرة إلى المنتج، والتـــي تفترض أن عمليات معينة تُستهلك لتطوير أو السماح بإنتاج منتجات مختلفة. وقد تتضمن تكاليف مستوى المنتج هذه عمليات من قبيل البحث والتطوير Research and Development (R&D) وتكاليف طلب قطع الغيار والمواد وتخزينها والإشراف التقنـــي والتدريب السابق على الإنتاج والمتعلق بالسلامة والتصنيع.

تسبب تكاليفُ مستوى المصنع المشاكلَ في بيئة ABC، وذلك لأن هذه التكاليف تتعلق باستمرار بعملية التصنيع في إطارها العام. وقد تتضمن تكاليف مستوى المصنع هذه نفقات من قبيل تكاليف الانتقال وأجور المديرين والإدارة العامة، ويمكن أن تتضمن نصيباً كبيراً من تكلفة المنتج التقديرية.

المثال 1-A

وُضـــع هذا المثال بحيث تُعرض خصائص طريقة ABC بوضوح. وربما يعد توضيح الفروق بين نظام ABC ونظـــم التكلفة التقليدية المستندة إلى الحجم (VBC) أكثر أهمية من عرض "إيجابيات" طريقة ABC.

الخصائص التـــي تجعل ABC أكثر إنتاجية وذات قيمة أكبر هي في الحقيقة تنوع المنتجات وارتفاع تكاليف الدعم والنفقات العامة. وهذه الخصائص تعد شائعة بالتأكيد في معظم الأسواق هذه الأيام، كما أن التوجه العام يتحرك باطراد في هذا الاتجاه. ولنأخذ هذا المثال المبسط والواقعي لطريقة ABC مقابل VBC:

العرض Exhibit A-1. يبين هذا العرض السيناريو الأساسي للأعمال. ويعطي موازنات الإنتاج التفصيلية والحجوم والتكاليف. ويبين الجزء الثانـــي من العرض حسابات "موجه التكلفة" لطريقة ABC (هناك ستة منها) وكذلك تخصيص التكلفة التقليدي على أساس الحجم VBC لمبلغ $34.60 لكل ساعة من العمل المباشر.

ويلاحظ أن هذا النموذج يبين عملاً كثيفاً لرأس المال. ويمثل الاهتلاك فيه نسبة 67% من التكلفة الكلية غير المباشرة.

العرض *A-2*. سيناريو الأعمال لشركة صغيرة.

يتضمن هذا النموذج أربعة منتجات فقط. ويمكن للتنوع الأكبر للمنتجات أن يلقي الضوء بوجه أفضل على إيجابيات ABC إلا أنه سيضيف تعقيداً غير مطلوب إلى النموذج. وتختلف المنتجات اختلافاً كبيراً بدلالة الإنتاج والسوق. تحتاج آلة القذف إلى زمن أطول من عمل الآلة، أما المنتجات الأخرى فإنها تستخدم القليل جداً من عمل الآلة. ويعد العمل المباشر عاملاً غير مهم للكرة وللمضرب، ولكنه مهم جداً للقفاز. (يحتاج القفاز إلى 40 مرة من العمل اللازم للكرة و20 مرة من العمل اللازم للمضرب).

	كرة البيسبول	القفاز	المضرب	آلة القذف	المجموع
	الإنتاج: البيانات المجدولة لسنة				
وحدات الموازنة للإنتاج	20,000	10,000	5,000	200	35,200
تكلفة المواد للوحدة	$0.45	$5.00	$0.75	$2,000.00	غير مطبق
ساعات العمل المباشر للوحدة	0.05	2.00	0.1	50.0	غير مطبق
تكلفة العمل المباشر في الساعة	$5.00	$5.00	$5.00	$5.00	$5.00
ساعات الآلة لكل وحدة	0.1	0.1	0.2	100.0	24,000
الأجزاء المطلوبة لكل وحدة	3	4	1	250	غير مطبق
طلبات الإنتاج (الموازنة الكلية)	500	25	100	100	725
عدد مرات الإعداد للإنتاج (الموازنة الكلية)	1,000	100	100	100	1,300
عدد مرات الشحن	400	250	25	100	775

	تكاليف تحويل العملية		موجّه التكلفة	
	موجّه التكلفة	التكاليف	الوحدات الكلية	المعدل
نقل المواد	# من الانتقالات	$50,000	155,000	$0.32
قسم تخطيط الإنتاج	# من طلبات الإنتاج	40,000	725	$55.17
العمل غير المباشر للإعداد	# من التجهيزات	25,000	1,300	$19.23
اهتلاك الآلات	ساعات الآلة	725,000	24,000	$30.21
الجودة والإنهاء	ساعات العمل المباشرة	150,000	31,500	$4.76
قسم الشحن	# من مرات الشحنات	100,000	775	$129.03
	التكاليف الكلية غير المباشرة	**$1,090,000**		
التكاليف غير المباشرة لكل ساعة عمل مباشرة		**$34.60**	*{التكاليف التقليدية المستندة إلى الحجم}*	

العرض Exhibit A-2. التكلفة التقليدية المستندة إلى الحجم Traditional Volume-Based Costing تُخصِّص جميع التكاليف غير المباشرة استناداً إلى معدل كلي يبلغ $34.60 لكل ساعة عمل مباشر.

ويظهر أن القفاز الذي ينطوي على أعلى محتوى نسبياً من العمل المباشر هو المنتج الخاسر. ويباع القفاز بمبلغ $57.00 مع أنه ولكنه يخصص بتكاليف يبلغ مجموعها $84.21 –*أي بخسارة $27.21 لكل وحدة!* ويلاحظ أن جميع المنتجات الأخرى تبدو لها هوامش تكلفة صحية جداً. *وعلى الإدارة دراسة إسقاط القفاز من الإنتاج والتسويق.*

العرض Exhibit A-3. التكلفة المستندة إلى العملية Activity-Based Costing. وهنا نرى نتائج مختلفة كلياً بدلالة الهوامش والربحية. ويتبين هنا أن القفاز هو المنتج الرابح الوحيد، في حين أن المنتجات الأخرى هي الخاسرة!

وقد صُمِّمت المنتجات الأربعة في العروض من A-1 حتـــى A-3 بحيث تظهر الفروق بين ABC وVBC.

العرض A-2 التكاليف التقليدية المستندة إلى الحجم للمنتجات الأربعة

	تكاليف المنتج التقليدية المستندة إلى الحجم				
	كرة البيسبول	القفاز	المضرب	آلة القذف	المجموع
الوحدات المنتجة	20,000	10,000	5,000	200	35,200
تكاليف المواد المباشرة	$9,000	$50,000	$3,750	$400,000	$462,750
تكاليف العمل المباشر	5,000	100,000	2,500	50,000	157,500
تخصيصات النفقات العامة ← (استناداً إلى عمل مباشر يساوي 34.60$ /الساعة)	34,603	692,063	17,302	346,032	1,090,000
تكاليف المنتج الكلية	$48,603	$842,063	$23,552	$796,032	$1,710,250
تكاليف الوحدة					
التكاليف المباشرة	$0.70	$15.00	$1.25	$2,250.00	
النفقات العامة	1.73	69.21	3.46	1,730.16	
التكلفة الكلية لكل وحدة	*$2.43*	*$84.21*	*$4.71*	*$3,980.16*	
سعر البيع	$4.45	$57.00	$10.00	$5,000.00	
الهامش المستند إلى الحجم	$2.02	$(27.21)	$5.29	$1,019.84	
	45%	-48% خسارة	53%	20%	

ويشكل العمل المباشر مبلغاً يساوي 157,500$ من التكاليف الكلية البالغة 1,710,250$ وهو أقل من 10%. ويختلف العمل المباشر المستخدم في الإنتاج اختلافاً كبيراً في هذه الحالة بالنسبة لتكاليف الإنتاج الكلية. ويحظى القفاز بأعلى نسبة من التكاليف. ولا يعد أمراً مدهشاً أنه باستخدام طرائق التخصيص على أساس الحجم VBC على العمال تؤدي إلى تحميل التكاليف غير المباشرة على القفاز، وهذا ما يجعله شبيهاً بمنتج غير مرغوب (بغيض). إلا أن إحصائيات الإنتاج في العرض A-1 تبين أن القفاز يستخدم القليل جداً من الموارد غير المباشرة، بدرجة أقل من المنتجات الأخرى. إن إخراج معمل تصنيع القفاز إلى خارج الشركة سيحتاج إلى القليل من الدعم غير المباشر وسيؤدي على الأغلب إلى تحقيق عمل مربح.

وعلى العكس من ذلك تستخدم آلة القذف قرابة 83% من طاقة الآلة القصوى، وهذه الآلة مكلفة. ويؤدي استخدام العمل المباشر لتخصيص التكاليف غير المباشرة إلى تخصيص 1,730$ فقط من التكاليف غير المباشرة إلى آلة القذف – وتصل حصة امتلاك الآلة فقط إلى 83% من التكاليف! ويضاعف التخصيصُ المستند إلى ساعات استخدام الآلة التكلفةَ غير المباشرة المخصصة لآلة القذف، وهو مرة أخرى أمر منطقي، وذلك لأن معظم التكاليف غير المباشرة متعلقة بالآلة ويبدو أن آلة القذف تستخدم معظم العمل الآلي.

عندما توضع تكاليف المنتجات على أساس استخدام المورد (ABC) يبدو أن القفاز فقط يحقق الربح، وهو تعبير أكثر دقة عن التكاليف الواقعية للقيام بالأعمال.

تشكل هذه المعلومات تغذية راجعة ممتازة لكل من الإنتاج والتسويق. حيث يتبين أن آلة القذف غير مربحة لدرجة طفيفة. وربما ينبغي وضع سعر أفضل لها. فهل هي فريدة وأفضل من المنتجات المنافسة؟ أم أنها قد تكون مسعرة تسعيراً

منخفضاً جداً، استناداً إلى معلومات التكلفة السابقة (VBC) التـــي تشير إلى هامش 20%؟ هل يمكن إعادة تصميمها لكسب بعض التكاليف؟

العرض 3-A التكلفة المستندة إلى العملية للمنتجات الأربعة

	معدل ABC	كرة البيسبول	القفاز	المضرب	آلة القذف	المجموع
		تكاليف المنتج المستندة إلى العملية				
الوحدات المنتجة		20,000	10,000	5,000	200	35,200
تكاليف المواد المباشرة		$9,000	$50,000	$3,750	$400,000	$462,750
تكاليف العمل المباشرة		5,000	100,000	2,500	50,000	157,500
تكاليف النفقات العامة:						
نقل المواد	$0.32	19,355	12,903	1,613	16,129	50,000
قسم تخطيط الإنتاج	$55.17	27,586	1,379	5,517	5,517	40,000
عمل الإعداد غير المباشر	$19.23	19,231	1,923	1,923	1,923	25,000
اهتلاك الآلة	$30.21	60,417	30,208	30,208	604,167	725,000
الجودة والإنهاء	$4.76	4,762	95,238	2,381	47,619	150,000
قسم الشحن	$129.03	51,613	32,258	3,226	12,903	100,000
تكاليف المنتج الكلية		$196,964	$323,910	$51,118	$1,138,258	$1,710,250
التكاليف للوحدة:						
التكاليف المباشرة		$0.70	$15.00	$1.25	$2,250.00	
النفقات العامة		9.15	17.39	8.97	3,441.29	
التكلفة الكلية للوحدة		*$9.85*	*$32.39*	*$10.22*	*$5,691.29*	
سعر البيع		$4.45	$57.00	$10.00	$5,000.00	
الهامش المستند إلى العملية		$(5.40)	$24.61	$(0.22)	$(691.29)	
		%-121 خسارة	%43	%-2 خسارة	%-14 خسارة	

يخسر المضرب بهامش خسارة 2% فقط. وينبغي دراسة إعادة تصميم الإنتاج. إذ إن أيَّ تغير طفيف في أيٍّ من عوامل الإنتاج سيجعل المضرب رابحاً.

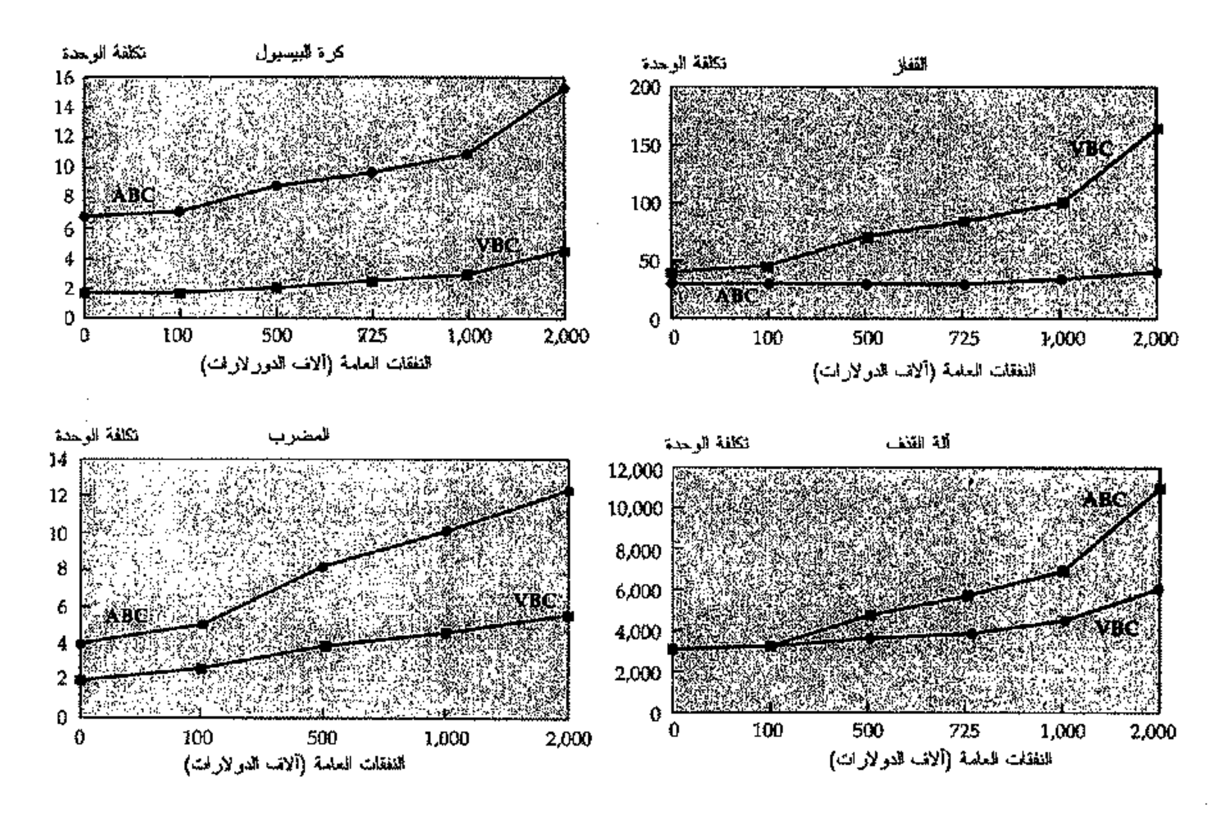
تستخدم البيسبول 1,000 إعداد، ويجب إعادة اختبار هذه الإعدادات. وربما تؤدي إعادة الاختبار إلى عدد أكبر من مرات الإعداد ولكن بتكاليف أقل. ويحتاج الأمر هنا إلى إعادة تصميم جدية؛ وإلا لا يكون هذا المنتج جيداً للأعمال.

توفر طريقة ABC مشاهدات لربحية المنتج في مجالات تؤدي في الطرق الأخرى إلى تشويش تكاليف الإنتاج. ولأغراض استراتيجية يجب أخذ العاملَين التاليين في الحسبان:

1. العديد من التكاليف ثابتة. وقد لا يؤدي حذف خط الإنتاج إلى خفض التكاليف كلياً. وقد يكون مفضلاً في المدى القصير الاحتفاظ ببعض المنتجات حتـــى مع إظهارها لخسائر في التكاليف الكلية. إلا أن تكاليف (ABC) الكلية أكثر ملاءمة لقرارات الاستثمار بعيدة المدى.

2. كما أشرنا عند مناقشة تكاليف الإعداد، قد تؤدي تكاليف ABC إلى توجيهات غير ملائمة إذا ما اتّبعت "بشكلٍ أعمى" . وتعنـــي تكاليف الإعداد المرتفعة المخصصة وفق موجّه التكلفة فقط أنه لديك تكاليف إعداد مرتفعة. وقد لا تكون طريقة تخفيض تكاليف الإعداد بواسطة تخفيض عدد مرات الإعداد، وإنما في إعادة تصميم عملية الإعداد نفسها. (بل ربما تتوصل إلى زيادة عدد مرات الإعداد؟)

تساعد طريقة ABC في تحديد المجالات الكامنة لتطبيقها؛ ومن غير الضروري الحصول على إجابات تنطوي على تخفيض التكلفة؛ وإنما هي تعطي فقط الاتجاه الذي ينبغي اتباعه لمعالجة هذه الأسئلة الصعبة.



ملاحظات:

- جميع المنتجات باستثناء القفاز تبين تكاليف نفقات عامة بطريقة ABC أعلى من VBC.
- القفاز له مخصصات ثابتة نسبياً من تكاليف النفقات العامة وفق ABC.
- تنطوي آلة القذف في الحقيقة على تحول حيث أنه عند النفقة العامة صفر وفق ABC لديها تكلفة وحدة منخفضة بشكل طفيف، أما عند النفقات العامة $100,000 وفق ABC فإنها أعلى بشكل قليل. وتتزايد الفروق بمعدل متزايد بعد ذلك.
- يحظى كل من القفاز والمضرب وآلة القذف بفروق متزايدة في ميول تكلفة ABC وVBC. إلا أن فروق ميل البيسبول تتزايد بمعدل أكثر انخفاضاً.

الشكل 5.A: مخططات تكلفة الوحدة.

تبين المخططات البيانية في (الشكل 5.A) التأثيرات المختلفة لكل من طريقتـــي ABC وVBC وذلك على تكاليف الوحدة عند اختلاف مستويات النفقات العامة. وقد عُرضت تكاليف مختلفة للنفقات العامة باستخدام المستويات التالية: $0 و$100,000 و$500,000 و$725,000 و$1,000,000 و$2,000,000. وذلك مع بقاء جميع العوامل الأخرى نفسها تماماً.

ويلاحظ أنه عند النفقات العامة المتدنية (نحو $100,000) لا تتأثر آلة القذف ولا القفاز باختلاف طريقة التكلفة.

أما أكثر النقاط أهمية في (الشكل 5.A) فهي أنه بازدياد النفقات العامة، تصبح منهجية التكلفة تصبح أكثر أهمية. وتزداد الفروق المطلقة في تكاليف وحدة المنتج عندما ترتفع النفقات العامة. وفي نواح هامة يتضح أن معدل زيادة ميل الفروق (الفروق في الميول) يتزايد في جميع الحالات. معدل الزيادة في فروق الميول كان الأقل للبيسبول. وبدرجة متناسبة كانت تكاليف VBC (المستندة إلى العمل المباشر) للبيسبول قريبة من تخصيصات التكلفة وفق ABC بارتفاع مستويات النفقات العامة.

ويلاحظ أيضاً أنه مع ارتفاع النفقات العامة من $0 إلى $2,000,000 فإن تخصيص النفقات العامة للقفاز وفق ABC يبقى ثابتاً تقريباً. إلا أن تخصيص النفقات العامة يرتفع ارتفاعاً ملموساً بموجب VBC.



الاختصارات والرموز*

الفصل 2

التكلفة الكلية الثابتة	Total fixed cost	C_F
التكلفة الكلية المتغيرة	Total variable cost	C_V
التكلفة المتغيرة بالوحدة	Variable cost per unit	c_v
التكلفة الكلية	Total cost	C_T
تكلفة الوحدة الوسطية	Average unit cost	C_U
الطلب على المنتج أو الخدمة بالوحدات	Demand or a product or service in units	D
الطلب الأمثل على حجم الإنتاج الذي يحقق أعلى ربح	Optimal demand for a production volume that maximizes profit	D^*
نقطة التعادل	Breakeven point	D'
الطلب أو حجم الإنتاج الذي يحقق أعلى إيراد	Demand or production volume that will produce maximum revenue	$\hat{D}$

الفصل 3

التدفقات النقدية المتساوية والمنتظمة للقيم التـي تحدث في نهاية المدة (أو القيم المنتظمة لنهاية المدة)	equal and uniform end-of-period cash flows (or equivalent end-of-period values)	A
المعدل السنوي للنسبة المئوية (الفائدة الاسمية)	annual percentage rate (nominal interest)	APR
التدفق النقدي لنهاية المدة 1 في سلسلة هندسية من التدفقات النقدية	end of period 1 cash flow in a geometric sequence of cash flows	A_1
مبلغ من النقود يتدفق بانتظام واستمرار خلال مدة محددة من الزمن	an amount of money flowing uniformly and continuously over a specified period of time	$\overline{A}$
بداية السنة	beginning of year	BOY
نهاية السنة	end of year	EOY

* رُتِّبت وفق الفصول التـي ظهرت بها أولاً.

المجموع المكافئ المستقبلي من النقود	a future equivalent sum of money	F
التغير الهندسي في التدفقات النقدية من مدة إلى أخرى أو القيم المكافئة	a geometric change from one time period to the next in cash flows or equivalent values	$\bar{f}$
التغير الحسابي (المنتظم) من مدة إلى أخرى في التدفقات النقدية أو القيم المكافئة	an arithmetic (i.e., uniform) change from one period to the next in cash flows or equivalent values	G
الفائدة الكلية المكتسبة أو المدفوعة (الفائدة البسيطة)	total interest earned or paid (simple interest)	$\underline{I}$
معدل الفائدة الفعلي في مدة الفائدة	effective interest rate per interest period	i
معدل الفائدة الذي يدعى معدل التسهيل	an interest rate called the convenience rate	i_{CR}
مؤشر المدة	An index for time periods	k
كمية الدين الأساسية؛ المكافئ الحالي لمجموع الأموال	Principal amount of a loan; a present equivalent sum of money	P
عدد المدد المركبة في السنة	Number of compounding periods per year	M
عدد مدد الفوائد	Number of interest periods	N
معدل الفائدة الاسمي لكل مدة (بالسنة عادة)	Nominal interest rate per period (usually a year)	r
معدل الفائدة الاسمي المركب باستمرار	a nominal interest rate that is continuously compounded	$\underline{r}$

الفصل 4

القيمة السنوية الموزعة بانتظام، محسوبة بمعدل فائدة i%، لتدفق نقدي أو أكثر	equivalent uniform annual worth, computed at i% interest, of one or more cash flows	AW(i%)
التكلفة السنوية المنتظمة لتغطية رأس المال، محسوبة عند فائدة i%	equivalent annual cost of capital recovery, computed at i% interest	CR(i%)
المصروفات السنوية المكافئة	equivalent annual expenses	$\underline{E}$
معدل إعادة الاستثمار الخارجي	external reinvestment rate	ϵ
معدل العائد الخارجي	external rate of return	ERR

القيمة المكافئة المستقبلية، محسوبة عند الفائدة i%، لتدفق نقدي أو أكثر	future equivalent worth, calculated at i% interest, of one or more cash flows	FW(i%)
الاستثمار الأولي للمشروع	initial investment for a project	I
معدل العائد الداخلي	Internal rate of return, also designated i'%	IRR
معدل العائد المقبول الأدنـــى	Minimum attractive rate of return	MARR
طول مدة الدراسة (بالسنوات عادة)	the length of the study period (usually years)	N
مصاريف التشغيل والصيانة السنوية المكافئة	Equivalent annual operating and maintenance expenses	O&M
القيمة المكافئة الحالية محسوبة عند فائدة i% لتدفق نقدي واحد أو أكثر	Present equivalent worth, computed at i% interest, of one or more cash flows	$PW(i\%)$
الإيرادات السنوية المكافئة	Equivalent annual revenues (or savings)	$\underline{R}$
القيمة (السوقية) المتبقية في نهاية مدة الدراسة	Salvage (market) value at the end of the study period	S
مدة الاسترداد	Payback period	θ
مدة الاسترداد المخصومة	Discounted payback period	θ'
قيمة (سعر) السند لـــ N مدة	Value (price) of a bond N periods prior to redemption	V_N
القيمة الاسمية للسند	Face value of a bond	Z

الفصل 5

التزايد (أو تزايد التدفق النقدي الصافي) بين البديل A والبديل B (وتقرأ: من A إلى B)	increment (or incremental net cash flow) between alternative A and alternative B (read: A to B)	$A \rightarrow B$
تزايد التدفق النقدي الصافي (الفرق) محسوباً من التدفق النقدي للبديل B ناقص التدفق النقدي للبديل A (وتقرأ: دلتا B ناقص A)	incremental net cash flow (difference) calculated from the cash flow of Alternative B minus the cash flow of Alternative A (read: delta B minus A)	$\Delta\,(B - A)$

الفصل 6

نظام تسارع تغطية التكلفة	accelerated cost recovery system	ACRS
نظام الاهتلاك البديل	alternative depreciation system	ADS

التدفق النقدي بعد الضريبة	after-tax cash flow	ATCF
أساس التكلفة	cost basis	B
التدفق النقدي قبل الضريبة	before-tax cash flow	BTCF
القيمة الدفترية للأصل	book value of an asset	BV
الاهتلاك	depreciation deduction	d
الاهتلاك المتراكم خلال مدة معينة	cumulative depreciation over a specified period of time	d^*
المصروفات السنوية	annual expenses	E
نظام الاهتلاك العام	general depreciation system	GDS
مصروف الفائدة	interest expense	Int
نظام تسارع تغطية التكلفة المعدل	modified accelerated cost recovery system	MACRS
القيمة السوقية للأصل؛ السعر الذي سيدفعه المشتري مقابل نوع خاص من الملكية	market value of an asset; the price that a buyer will pay for a particular type of property	MV
العمر المجدي للأصل (عمر تغطية الاهتلاك)	useful life of an asset (ADR life)	N
الدخل الصافي بعد الضريبة	net income after taxes	NIAT
الدخل الصافي قبل الضرائب	net income before taxes	NIBT
تصنيف الملكية وفق نظام MACRS للاهتلاك	property classification for MACRS depreciation	P
نسبة الاهتلاك في سنة معينة إلى القيمة الدفترية في بداية السنة نفسها	ratio of depreciation in a particular year to book value at the beginning of the same year	$\underline{R}$
الإيراد السنوي الكلي	gross annual revenue	R
معدل الاهتلاك وفق ACRS أو MACRS (ككسر عشري)	ACRS or MACRS depreciation rate (a decimal)	r_k
قيمة الاسترداد للأصل في نهاية عمره المجدي	salvage value of an asset at the end of useful life	SV_N
ضرائب الدخل	income taxes	T
معدل ضريبة الدخل الفعلي	effective income-tax rate	T

الفصل 7

رقم مؤشر عديم الوزن أو موزون يعتمد على الحساب	an unweighted or a weighted index number dependent on the calculation	$\bar{I}_n$
عدد وحدات الموارد الداخلة اللازمة لإنتاج الوحدة الخارجة الأولى	the number of input resource units needed to produce the first output unit	K
عدد الوحدات المنتجة	the output unit number	u
عامل التكلفة – السعة	cost-capacity factor	X
عدد وحدات المورد الداخلة لإنتاج عدد u من الوحدات المنتجة	the number of input resource units needed to produce output unit number u	Z_u

الفصل 8

الدولارات الفعلية (الجارية)	actual (current) dollars	A$
مؤشر المجال الزمنـــي الأساسي	base time period index	B
معدل تضخم السعر الكلي (أو عدم تضخمه) للسلعة أو الخدمة j	total price escalation (or deescalation) rate for good or service j	e_j
معدل تضخم (أو انكماش) السعر التفاضلي للسلعة أو الخدمة j	differential price inflation (or deflation) rate for good or service j	e'_j
معدل تغير التقييم السنوي (معدل التغير السنوي في سعر الصرف) بين عملة الدولة الأجنبية والدولار الأمريكي	annual devaluation rate (rate of annual change in the exchange rate) between the currency of a foreign country and the U.S. dollar	f_e
معدل التضخم العام	general inflation rate	F
معدل الفائدة المركب[2] (الاسمي)؛ ويدعى أيضاً معدل الفائدة في السوق	combined (nominal) interest rate; also called the market interest rate	i_c
معدل العائد بدلالة المعدل المركب (الاسمي) للفائدة منسوبة إلى معدل الفائدة الحقيقي	rate of return in terms of a combined (market) interest rate relative to real interest rate	i_{fc}
معدل الفائدة الحقيقي	real interest rate	i_r
معدل العائد بدلالة معدل الفائدة المركب (السوقي) منسوبة إلى الدولارات	rate of return in terms of a combined (market) interest rate relative to U.S. dollars	i_{us}

[2] يقصد بالمركب هنا المركب من القيمة الزمنية للنقود والتضخم وليس المركب وفق مفهوم تركيب الفائدة على مدد متعددة. (المترجم).

الدولارات الحقيقية (الثابتة)	real (constant) dollars	R$

الفصل 9

التكلفة السنوية المنتظمة المكافئة	equivalent uniform annual cost	EUAC
التكلفة الكلية (الحدية) للسنة k	total (marginal) cost for year k	TC_k

الفصل 10

القيمة المكافئة (السنوية أو الحالية أو المستقبلية)	equivalent worth (annual, present, or future)	EW

الفصل 11

نسبة المنفعة– التكلفة	benefit-cost ratio	B-C
المنافع السنوية المنتظمة المكافئة للمشروع المقترح	equivalent uniform annual benefits of a proposed project	$\underline{B}$
المبلغ السنوي لتغطية رأس المال (التكلفة)	capital recovery amount (a cost)	CR
الاستثمار الأولي	initial investment	I
مصاريف التشغيل والصيانة السنوية المنتظمة المكافئة	equivalent uniform annual operating and maintenance expenses	O&M

الفصل 12

المصاريف السنوية الجارية	recurring annual expenses	C
الحصص المحملة	carrying charges	CC
الاهتلاك الدفتري	book depreciation	D_B
الاهتلاك المحسوب لأغراض ضريبة الدخل	depreciation taken for income-tax purposes	D_T
العائد على حقوق الملكية (دون تضخم)	return on equity (no inflation)	e_a
العائد على حقوق الملكية (بأخذ التضخم في الحسبان)	return on equity (inflation-adjusted)	e'_a
تكلفة رأس المال المقترض (دون تضخم)	cost of borrowed capital (no inflation)	i_b
تكلفة رأس المال المقترض (بأخذ التضخم في الحسبان)	cost of borrowed capital (inflation-adjusted)	i'_b
تكلفة رأس المال الموزونة بعد الضريبة (دون تضخم)	weighted after-tax cost of capital (no inflation)	K_a

تكلفة رأس المال الموزونة بعد الضريبة (بأخذ التضخم في الحسبان)	weighted after-tax cost of capital (inflation-adjusted)	K'_a
نسبة رأس المال المقترض من إجمالي رأس المال، ويدعى أيضاً نسبة الدين	fraction of total capitalization represented by borrowed money, also called the debt ratio	λ
العائد السنوي المطلوب في السنة k	annual revenue requirement in year k	RR_k
العائد المطلوب المسوّى	levelized revenue requirement	$\overline{RR}$
ضرائب الدخل المدفوعة	income taxes paid	T
معدل ضريبة الدخل الفعلية	effective income tax rate	t
الاستثمار غير المغطى	unrecovered investment	UI

الفصل 13

متوسط المتغير العشوائي	mean of a random variable	$E(X)$
القيمة المتوقعة للمعلومات الكاملة	expected value of perfect information	EVPI
تابع الكثافة الاحتمالي للمتغير العشوائي المستمر	probability density function of a continuous random variable	$f(x)$
تابع التوزيع المتراكم للمتغير العشوائي المستمر	cumulative distribution function of a continuous random variable	$F(x)$
تابع الكتلة الاحتمالية للمتغير العشوائي المتقطع	probability mass function of a discrete random variable	$p(x)$
الاحتمال الذي يأخذه المتغير العشوائي المتقطع عند القيمة x_i	probability that a discrete random variable takes on the value x_i	$P(x_i)$
تابع التوزيع المتراكم للمتغير العشوائي المتقطع	cumulative distribution function of a discrete random variables	$P(x)$
احتمال حدوث حدث معين	probability of the described event occurring	$Pr\{\ldots\}$
الانحراف المعياري للمتغير العشوائي	standard deviation of a random variable	$SD(X)$
تباين المتغير العشوائي	variance of a random variable	$V(X)$

الفصل 14

القيمة الحالية لفرصة الاستثمار في مدة موازنة محددة	present worth of an investment opportunity in a specified budgeting period	B^*

الدفعة النقدية للمصاريف في مسألة تخصيص رأس المال	cash outlay for expenses in capital allocation problem	c
الدفعة النقدية القصوى المسموحة في المدة k	maximum cash outlay permissible in period k	C_k
التوزيعات النقدية (بعد الضرائب)	cash dividends (after taxes)	Div
معدل العائد السنوي لمالكي الشركة (المساهمين)	annual rate of return to owners of a firm (stockholders)	e_a
معدل النمو السنوي لقيمة السهم العادي وغيره من فوائد حقوق الملكية	annual growth rate for the value of common stock and other equity interests	g
مصروف الاستئجار قبل الضريبة	before-tax lease expense	L
مصروف الاستئجار بعد الضريبة	after-tax lease expense	l
عدد المشروعات الاستبعادية المدروسة	number of mutually exclusive projects being considered	m
متغير القرار الثنائي (= 0 أو 1) في مسألة تخصيص رأس المال	binary decision variable (= 0 or 1) in capital allocation problem	X

الفصل 15

مؤشر تفاؤل هيرفيتش	Hurwicz index of optimism	α
بعدية مسألة القرار المتعدد الخصائص	Dimensionality of a multiattribute decision problem	r^*

الملحق C

جداول الفائدة للتركيب المتقطع

للقيم المختلفة لـــ i من $\frac{1}{4}$% حتـــى 25%.

i = معدل الفائدة الفعلي لكل مدة (عادة سنة واحدة)

N = عدد مدد التركيب

$$(F/P, i\%, N) = (1+i)^N$$

$$(A/F, i\%, N) = \frac{i}{(1+i)^N - 1}$$

$$(P/F, i\%, N) = \frac{1}{(1+i)^N}$$

$$(A/P, i\%, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

$$(F/A, i\%, N) = \frac{(1+i)^N - 1}{i}$$

$$(P/G, i\%, N) = \frac{1}{i}\left[\frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} - \frac{N}{(1+i)^N}\right]$$

$$(P/A, i\%, N) = \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N}$$

$$(A/G, i\%, N) = \frac{1}{i} - \frac{N}{(1+i)^N - 1}$$

الجدول 1-C: التركيب المتقطع؛ $i = 1/4\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء A	لإيجاد P بإعطاء A	لإيجاد A بإعطاء F	لإيجاد A بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء G	لإيجاد A بإعطاء G	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	A/F	A/P	P/G	A/G	N
1	1.0025	0.9975	1.0000	0.9975	1.0000	1.0025	0.000	0.0000	1
2	1.0050	0.9950	2.0025	1.9925	0.4994	0.5019	0.995	0.4994	2
3	1.0075	0.9925	3.0075	2.9851	0.3325	0.3350	2.980	0.9983	3
4	1.0100	0.9901	4.0150	3.9751	0.2491	0.2516	5.950	1.4969	4
5	1.0126	0.9876	5.0251	4.9627	0.1990	0.2015	9.901	1.9950	5
6	1.0151	0.9851	6.0376	5.9478	0.1656	0.1681	14.826	2.4927	6
7	1.0176	0.9827	7.0527	6.9305	0.1418	0.1443	20.722	2.9900	7
8	1.0202	0.9802	8.0704	7.9107	0.1239	0.1264	27.584	3.4869	8
9	1.0227	0.9778	9.0905	8.8885	0.1100	0.1125	35.406	3.9834	9
10	1.0253	0.9753	10.1133	9.8639	0.0989	0.1014	44.184	4.4794	10
11	1.0278	0.9729	11.1385	10.8368	0.0898	0.0923	53.913	4.9750	11
12	1.0304	0.9705	12.1664	11.8073	0.0822	0.0847	64.589	5.4702	12
13	1.0330	0.9681	13.1968	12.7753	0.0758	0.0783	76.205	5.9650	13
14	1.0356	0.9656	14.2298	13.7410	0.0703	0.0728	88.759	6.4594	14
15	1.0382	0.9632	15.2654	14.7042	0.0655	0.0680	102.244	6.9534	15
16	1.0408	0.9608	16.3035	15.6650	0.0613	0.0638	116.657	7.4469	16
17	1.0434	0.9584	17.3443	16.6235	0.0577	0.0602	131.992	7.9401	17
18	1.0460	0.9561	18.3876	17.5795	0.0544	0.0569	148.245	8.4328	18
19	1.0486	0.9537	19.4336	18.5332	0.0515	0.0540	165.411	8.9251	19
20	1.0512	0.9513	20.4822	19.4845	0.0488	0.0513	183.485	9.4170	20
21	1.0538	0.9489	21.5334	20.4334	0.0464	0.0489	202.463	9.9085	21
22	1.0565	0.9466	22.5872	21.3800	0.0443	0.0468	222.341	10.3995	22
23	1.0591	0.9442	23.6437	22.3241	0.0423	0.0448	243.113	10.8901	23
24	1.0618	0.9418	24.7028	23.2660	0.0405	0.0430	264.775	11.3804	24
25	1.0644	0.9395	25.7646	24.2055	0.0388	0.0413	287.323	11.8702	25
30	1.0778	0.9278	31.1133	28.8679	0.0321	0.0346	413.185	14.3130	30
36	1.0941	0.9140	37.6206	34.3865	0.0266	0.0291	592.499	17.2306	36
40	1.1050	0.9050	42.0132	38.0199	0.0238	0.0263	728.740	19.1673	40
48	1.1273	0.8871	50.9312	45.1787	0.0196	0.0221	1040.055	23.0209	48
60	1.1616	0.8609	64.6467	55.6524	0.0155	0.0180	1600.085	28.7514	60
72	1.1969	0.8355	78.7794	65.8169	0.0127	0.0152	2265.557	34.4221	72
84	1.2334	0.8108	93.3419	75.6813	0.0107	0.0132	3029.759	40.0331	84
100	1.2836	0.7790	113.4500	88.3825	0.0088	0.0113	4191.242	47.4216	100
∞				400.0000		0.0025			∞

الجدول 2-C : التركيب المتقطع؛ $i = 1/2\ \%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام	
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة
N	لإيجاد F بإعطاء P F/P	لإيجاد P بإعطاء F P/F	لإيجاد F بإعطاء A F/A	لإيجاد P بإعطاء A P/A	لإيجاد A بإعطاء F A/F	لإيجاد A بإعطاء P A/P	لإيجاد P بإعطاء G P/G	لإيجاد A بإعطاء G A/G
1	1.0050	0.9950	1.0000	0.9950	1.0000	1.0050	0.000	0.0000
2	1.0100	0.9901	2.0050	1.9851	0.4988	0.5038	0.990	0.4988
3	1.0151	0.9851	3.0150	2.9702	0.3317	0.3367	2.960	0.9967
4	1.0202	0.9802	4.0301	3.9505	0.2481	0.2531	5.901	1.4938
5	1.0253	0.9754	5.0503	4.9259	0.1980	0.2030	9.803	1.9900
6	1.0304	0.9705	6.0755	5.8964	0.1646	0.1696	14.655	2.4855
7	1.0355	0.9657	7.1059	6.8621	0.1407	0.1457	20.449	2.9801
8	1.0407	0.9609	8.1414	7.8230	0.1228	0.1278	27.176	3.4738
9	1.0459	0.9561	9.1821	8.7791	0.1089	0.1139	34.824	3.9668
10	1.0511	0.9513	10.2280	9.7304	0.0978	0.1028	43.387	4.4589
11	1.0564	0.9466	11.2792	10.6770	0.0887	0.0937	52.853	4.9501
12	1.0617	0.9419	12.3356	11.6189	0.0811	0.0861	63.214	5.4406
13	1.0670	0.9372	13.3972	12.5562	0.0746	0.0796	74.460	5.9302
14	1.0723	0.9326	14.4642	13.4887	0.0691	0.0741	86.584	6.4190
15	1.0777	0.9279	15.5365	14.4166	0.0644	0.0694	99.574	6.9069
16	1.0831	0.9233	16.6142	15.3399	0.0602	0.0652	113.424	7.3940
17	1.0885	0.9187	17.6973	16.2586	0.0565	0.0615	128.123	7.8803
18	1.0939	0.9141	18.7858	17.1728	0.0532	0.0582	143.663	8.3658
19	1.0994	0.9096	19.8797	18.0824	0.0503	0.0553	160.036	8.8504
20	1.1049	0.9051	20.9791	18.9874	0.0477	0.0527	177.232	9.3342
21	1.1104	0.9006	22.0840	19.8880	0.0453	0.0503	195.243	9.8172
22	1.1160	0.8961	23.1944	20.7841	0.0431	0.0481	214.061	10.2993
23	1.1216	0.8916	24.3104	21.6757	0.0411	0.0461	233.677	10.7806
24	1.1272	0.8872	25.4320	22.5629	0.0393	0.0443	254.082	11.2611
25	1.1328	0.8828	26.5591	23.4456	0.0377	0.0427	275.269	11.7407
30	1.1614	0.8610	32.2800	27.7941	0.0310	0.0360	392.632	14.1265
36	1.1967	0.8356	39.3361	32.8710	0.0254	0.0304	557.560	16.9621
40	1.2208	0.8191	44.1588	36.1722	0.0226	0.0276	681.335	18.8359
48	1.2705	0.7871	54.0978	42.5803	0.0185	0.0235	959.919	22.5437
60	1.3489	0.7414	69.7700	51.7256	0.0143	0.0193	1448.646	28.0064
72	1.4320	0.6983	86.4089	60.3395	0.0116	0.0166	2012.348	33.3504
84	1.5204	0.6577	104.0739	68.4530	0.0096	0.0146	2640.664	38.5763
100	1.6467	0.6073	129.3337	78.5426	0.0077	0.0127	3562.793	45.3613
∞				200.0000		0.0050		

الجدول C-3: التركيب المتقطع؛ $i = 3/4\%$

	دفعة واحدة		سلسلة منتظمة				سلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء A	لإيجاد P بإعطاء A	لإيجاد A بإعطاء F	لإيجاد A بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء G	لإيجاد A بإعطاء G	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	A/F	A/P	P/G	A/G	N
1	1.0075	0.9926	1.0000	0.9926	1.0000	1.0075	0.000	0.0000	1
2	1.0151	0.9852	2.0075	1.9777	0.4981	0.5056	0.985	0.4981	2
3	1.0227	0.9778	3.0226	2.9556	0.3308	0.3383	2.941	0.9950	3
4	1.0303	0.9706	4.0452	3.9261	0.2472	0.2547	5.853	1.4907	4
5	1.0381	0.9633	5.0756	4.8894	0.1970	0.2045	9.706	1.9851	5
6	1.0459	0.9562	6.1136	5.8456	0.1636	0.1711	14.487	2.4782	6
7	1.0537	0.9490	7.1595	6.7946	0.1397	0.1472	20.181	2.9701	7
8	1.0616	0.9420	8.2132	7.7366	0.1218	0.1293	26.775	3.4608	8
9	1.0696	0.9350	9.2748	8.6716	0.1078	0.1153	34.254	3.9502	9
10	1.0776	0.9280	10.3443	9.5996	0.0967	0.1042	42.606	4.4384	10
11	1.0857	0.9211	11.4219	10.5207	0.0876	0.0951	51.817	4.9253	11
12	1.0938	0.9142	12.5076	11.4349	0.0800	0.0875	61.874	5.4110	12
13	1.1020	0.9074	13.6014	12.3423	0.0735	0.0810	72.763	5.8954	13
14	1.1103	0.9007	14.7034	13.2430	0.0680	0.0755	84.472	6.3786	14
15	1.1186	0.8940	15.8137	14.1370	0.0632	0.0707	96.988	6.8606	15
16	1.1270	0.8873	16.9323	15.0243	0.0591	0.0666	110.297	7.3413	16
17	1.1354	0.8807	18.0593	15.9050	0.0554	0.0629	124.389	7.8207	17
18	1.1440	0.8742	19.1947	16.7792	0.0521	0.0596	139.249	8.2989	18
19	1.1525	0.8676	20.3387	17.6468	0.0492	0.0567	154.867	8.7759	19
20	1.1612	0.8612	21.4912	18.5080	0.0465	0.0540	171.230	9.2516	20
21	1.1699	0.8548	22.6524	19.3628	0.0441	0.0516	188.325	9.7261	21
22	1.1787	0.8484	23.8223	20.2112	0.0420	0.0495	206.142	10.1994	22
23	1.1875	0.8421	25.0010	21.0533	0.0400	0.0475	224.668	10.6714	23
24	1.1964	0.8358	26.1885	21.8891	0.0382	0.0457	243.892	11.1422	24
25	1.2054	0.8296	27.3849	22.7188	0.0365	0.0440	263.803	11.6117	25
30	1.2513	0.7992	33.5029	26.7751	0.0298	0.0373	373.263	13.9407	30
36	1.3086	0.7641	41.1527	34.4468	0.0243	0.0318	524.992	16.6946	36
40	1.3483	0.7416	46.4464	34.4469	0.0215	0.0290	637.469	18.5058	40
48	1.4314	0.6986	57.5207	40.1848	0.0174	0.0249	886.840	22.0691	48
60	1.5657	0.6387	75.4241	48.1734	0.0133	0.0208	1313.519	27.2665	60
72	1.7126	0.5839	95.0070	55.4768	0.0105	0.0180	1791.246	32.2882	72
84	1.8732	0.5338	116.4269	62.1540	0.0086	0.0161	2308.128	37.1357	84
100	2.1111	0.4737	148.1445	70.1746	0.0068	0.0143	3040.745	43.3311	100
∞				133.3333		0.0075			∞

الجدول 4-C: التركيب المتقطع؛ $i = 1\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء A	لإيجاد P بإعطاء A	لإيجاد A بإعطاء F	لإيجاد A بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء G	لإيجاد A بإعطاء G	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	A/F	A/P	P/G	A/G	N
1	1.0100	0.9901	1.0000	0.9901	1.0000	1.0100	0.000	0.0000	1
2	1.0201	0.9803	2.0100	1.9704	0.4975	0.5075	0.980	0.4975	2
3	1.0303	0.9706	3.0301	2.9410	0.3300	0.3400	2.922	0.9934	3
4	1.0406	0.9610	4.0604	3.9020	0.2463	0.2563	5.804	1.4876	4
5	1.0510	0.9515	5.1010	4.8534	0.1960	0.2060	9.610	1.9801	5
6	1.0615	0.9420	6.1520	5.7955	0.1625	0.1725	14.321	2.4710	6
7	1.0721	0.9327	7.2135	6.7282	0.1386	0.1486	19.917	2.9602	7
8	1.0829	0.9235	8.2857	7.6517	0.1207	0.1307	26.381	3.4478	8
9	1.0937	0.9143	9.3685	8.5660	0.1067	0.1167	33.696	3.9337	9
10	1.1046	0.9053	10.4622	9.4713	0.0956	0.1056	41.844	4.4179	10
11	1.1157	0.8963	11.5668	10.3676	0.0865	0.0965	50.807	4.9005	11
12	1.1268	0.8874	12.6825	11.2551	0.0788	0.0888	60.569	5.3815	12
13	1.1381	0.8787	13.8093	12.1337	0.0724	0.0824	71.113	5.8607	13
14	1.1495	0.8700	14.9474	13.0037	0.0669	0.0769	82.422	6.3384	14
15	1.1610	0.8613	16.0969	13.8651	0.0621	0.0721	94.481	6.8143	15
16	1.1726	0.8528	17.2579	14.7179	0.0579	0.0679	107.273	7.2886	16
17	1.1843	0.8444	18.4304	15.5623	0.0543	0.0643	120.783	7.7613	17
18	1.1961	0.8360	19.6147	16.3983	0.0510	0.0610	134.996	8.2323	18
19	1.2081	0.8277	20.8109	17.2260	0.0481	0.0581	149.895	8.7017	19
20	1.2202	0.8195	22.0190	18.0456	0.0454	0.0554	165.466	9.1694	20
21	1.2324	0.8114	23.2392	18.8570	0.0430	0.0530	181.695	9.6354	21
22	1.2447	0.8034	24.4716	19.6604	0.0409	0.0509	198.566	10.0998	22
23	1.2572	0.7954	25.7163	20.4558	0.0389	0.0489	216.066	10.5626	23
24	1.2697	0.7876	26.9734	21.2434	0.0371	0.0471	234.180	11.0237	24
25	1.2824	0.7798	28.2432	22.0232	0.0354	0.0454	252.895	11.4831	25
30	1.3478	0.7419	34.7849	25.8077	0.0287	0.0387	355.002	13.7557	30
36	1.4308	0.6989	43.0769	30.1075	0.0232	0.0332	494.621	16.4285	36
40	1.4889	0.6717	48.8863	32.8346	0.0205	0.0305	596.856	18.1776	40
48	1.6122	0.6203	61.2226	37.9740	0.0163	0.0263	820.146	21.5976	48
60	1.8167	0.5504	81.6697	44.9550	0.0122	0.0222	1192.806	26.5333	60
72	2.0471	0.4885	104.7099	51.1504	0.0096	0.0196	1597.867	31.2386	72
84	2.3067	0.4335	130.6723	56.6485	0.0077	0.0177	2023.315	35.7170	84
100	2.7048	0.3697	170.4814	63.0289	0.0059	0.0159	2605.776	41.3426	100
∞				100.0000		0.0100			∞

الجدول C-5: التركيب المتقطع؛ $i = 2\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
N	لإيجاد F بإعطاء P F/P	لإيجاد P بإعطاء F P/F	لإيجاد F بإعطاء A F/A	لإيجاد P بإعطاء A P/A	لإيجاد A بإعطاء F A/F	لإيجاد A بإعطاء P A/P	لإيجاد P بإعطاء G P/G	لإيجاد A بإعطاء G A/G	N
1	1.0200	0.9804	1.0000	0.9804	1.0000	1.0200	0.000	0.0000	1
2	1.0404	0.9612	2.0200	1.9416	0.4950	0.5150	0.961	0.4950	2
3	1.0612	0.9423	3.0604	2.8839	0.3268	0.3468	2.846	0.9868	3
4	1.0824	0.9238	4.1216	3.8077	0.2426	0.2626	5.617	1.4752	4
5	1.1041	0.9057	5.2040	4.7135	0.1922	0.2122	9.240	1.9604	5
6	1.1262	0.8880	6.3081	5.6014	0.1585	0.1785	13.680	2.4423	6
7	1.1487	0.8706	7.4343	6.4720	0.1345	0.1545	18.904	2.9208	7
8	1.1717	0.8535	8.5830	7.3255	0.1165	0.1365	24.878	3.3961	8
9	1.1951	0.8368	9.7546	8.1622	0.1025	0.1225	31.572	3.8681	9
10	1.2190	0.8203	10.9497	8.9826	0.0913	0.1113	38.955	4.3367	10
11	1.2434	0.8043	12.1687	9.7868	0.0822	0.1022	46.998	4.8021	11
12	1.2682	0.7885	13.4121	10.5753	0.0746	0.0946	55.671	5.2642	12
13	1.2936	0.7730	14.6803	11.3484	0.0681	0.0881	64.948	5.7231	13
14	1.3195	0.7579	15.9739	12.1062	0.0626	0.0826	74.800	6.1786	14
15	1.3459	0.7430	17.2934	12.8493	0.0578	0.0778	85.202	6.6309	15
16	1.3728	0.7284	18.6393	13.5777	0.0537	0.0737	96.129	7.0799	16
17	1.4002	0.7142	20.0121	14.2919	0.0500	0.0700	107.555	7.5256	17
18	1.4282	0.7002	21.4123	14.9920	0.0467	0.0667	119.458	7.9681	18
19	1.4568	0.6864	22.8406	15.6785	0.0438	0.0638	131.814	8.4073	19
20	1.4859	0.6730	24.2974	16.3514	0.0412	0.0612	144.600	8.8433	20
21	1.5157	0.6598	25.7833	17.0112	0.0388	0.0588	157.796	9.2760	21
22	1.5460	0.6468	27.2990	17.6580	0.0366	0.0566	171.380	9.7055	22
23	1.5769	0.6342	28.8450	18.2922	0.0347	0.0547	185.331	10.1317	23
24	1.6084	0.6217	30.4219	18.9139	0.0329	0.0529	199.631	10.5547	24
25	1.6406	0.6095	32.0303	19.5235	0.0312	0.0512	214.259	10.9745	25
30	1.8114	0.5521	40.5681	22.3965	0.0246	0.0446	291.716	13.0251	30
36	2.0399	0.4902	51.9944	25.4888	0.0192	0.0392	392.041	15.3809	36
40	2.2080	0.4529	60.4020	27.3555	0.0166	0.0366	461.993	16.8885	40
48	2.5871	0.3865	79.3535	30.6731	0.0126	0.0326	605.966	19.7556	48
60	3.2810	0.3048	114.0515	34.7609	0.0088	0.0288	823.698	23.6961	60
72	4.1611	0.2403	158.0570	37.9841	0.0063	0.0263	1034.056	27.2234	72
84	5.2773	0.1895	213.8666	40.5255	0.0047	0.0247	1230.419	30.3616	84
100	7.2446	0.1380	312.2323	43.0984	0.0032	0.0232	1464.753	33.9863	100
∞				50.0000		0.0200			∞

الجدول 6-C: التركيب المتقطع، $i = 3\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام	
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء A	لإيجاد P بإعطاء A	لإيجاد A بإعطاء F	لإيجاد A بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء G	لإيجاد A بإعطاء G
N	F/P	P/F	F/A	P/A	A/F	A/P	P/G	A/G
1	1.0300	0.9709	1.0000	0.9709	1.0000	1.0300	0.000	0.0000
2	1.0609	0.9426	2.0300	1.9135	0.4926	0.5226	0.943	0.4926
3	1.0927	0.9151	3.0909	2.8286	0.3235	0.3535	2.773	0.9803
4	1.1255	0.8885	4.1836	3.7171	0.2390	0.2690	5.438	1.4631
5	1.1593	0.8626	5.3091	4.5797	0.1884	0.2184	8.889	1.9409
6	1.1941	0.8375	6.4684	5.4172	0.1546	0.1846	13.076	2.4138
7	1.2299	0.8131	7.6625	6.2303	0.1305	0.1605	17.955	2.8819
8	1.2668	0.7894	8.8923	7.0197	0.1125	0.1425	23.481	3.3450
9	1.3048	0.7664	10.1591	7.7861	0.0984	0.1284	29.612	3.8032
10	1.3439	0.7441	11.4639	8.5302	0.0872	0.1172	36.309	4.2565
11	1.3842	0.7224	12.8078	9.2526	0.0781	0.1081	43.533	4.7049
12	1.4258	0.7014	14.1920	9.9540	0.0705	0.1005	51.248	5.1485
13	1.4685	0.6810	15.6178	10.6350	0.0640	0.0940	59.420	5.5872
14	1.5126	0.6611	17.0863	11.2961	0.0585	0.0885	68.014	6.0210
15	1.5580	0.6419	18.5989	11.9379	0.0538	0.0838	77.000	6.4500
16	1.6047	0.6232	20.1569	12.5611	0.0496	0.0796	86.348	6.8742
17	1.6528	0.6050	21.7616	13.1661	0.0460	0.0760	96.028	7.2936
18	1.7024	0.5874	23.4144	13.7535	0.0427	0.0727	106.014	7.7081
19	1.7535	0.5703	25.1169	14.3238	0.0398	0.0698	116.279	8.1179
20	1.8061	0.5537	26.8704	14.8775	0.0372	0.0672	126.799	8.5229
21	1.8603	0.5375	28.6765	15.4150	0.0349	0.0649	137.550	8.9231
22	1.9161	0.5219	30.5368	15.9369	0.0327	0.0627	148.509	7.3186
23	1.9736	0.5067	32.4529	16.4436	0.0308	0.0608	159.657	9.7093
24	2.0328	0.4919	34.4265	16.9355	0.0290	0.0590	170.971	10.0954
25	2.0938	0.4776	36.4593	17.4131	0.0274	0.0574	182.434	10.4768
30	2.4273	0.4120	47.5754	19.6004	0.0210	0.0510	241.361	12.3141
35	2.8139	0.3554	60.4621	21.4872	0.0165	0.0465	301.627	14.0375
40	3.2620	0.3066	75.4012	23.1148	0.0133	0.0433	361.750	15.6502
45	3.7816	0.2644	92.7199	24.5187	0.0108	0.0408	420.633	17.1556
50	4.3839	0.2281	112.7969	25.7298	0.0089	0.0389	477.480	18.5575
60	5.8916	0.1697	163.0534	27.6756	0.0061	0.0361	583.053	21.0674
80	10.6409	0.0940	321.3630	30.2008	0.0031	0.0331	756.087	25.0353
100	19.2186	0.0520	607.2877	31.5989	0.0016	0.0316	879.854	27.8444
∞				33.3333		0.0300		

الجدول C-7: التركيب المتقطع؛ $i = 4\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
N	لإيجاد F بإعطاء P F/P	لإيجاد P بإعطاء F P/F	لإيجاد F بإعطاء A F/A	لإيجاد P بإعطاء A P/A	لإيجاد A بإعطاء F A/F	لإيجاد A بإعطاء P A/P	لإيجاد P بإعطاء G P/G	لإيجاد A بإعطاء G A/G	N
1	1.0400	0.9615	1.0000	0.9615	1.0000	1.0400	0.000	0.0000	1
2	1.0816	0.9246	2.0400	1.8861	0.4902	0.5302	0.925	0.4902	2
3	1.1249	0.8890	3.1216	2.7751	0.3203	0.3603	2.703	0.9739	3
4	1.1699	0.8548	4.2465	3.6299	0.2355	0.2755	5.267	1.4510	4
5	1.2167	0.8219	5.4163	4.4518	0.1846	0.2246	8.555	1.9216	5
6	1.2653	0.7903	6.6330	5.2421	0.1508	0.1908	12.506	2.3857	6
7	1.3159	0.7599	7.8983	6.0021	0.1266	0.1666	17.066	2.8433	7
8	1.3686	0.7307	9.2142	6.7327	0.1085	0.1485	22.181	3.2944	8
9	1.4233	0.7026	10.5828	7.4353	0.0945	0.1345	27.801	3.7391	9
10	1.4802	0.6756	12.0061	8.1109	0.0833	0.1233	33.881	4.1773	10
11	1.5395	0.6496	13.4864	8.7605	0.0741	0.1141	40.377	4.6090	11
12	1.6010	0.6246	15.0258	9.3851	0.0666	0.1066	47.248	5.0343	12
13	1.6651	0.6006	16.6268	9.9856	0.0601	0.1001	54.455	5.4533	13
14	1.7317	0.5775	18.2919	10.5631	0.0547	0.0947	61.962	5.8659	14
15	1.8009	0.5553	20.0236	11.1184	0.0499	0.0899	69.736	6.2721	15
16	1.8730	0.5339	21.8245	11.6523	0.0458	0.0858	77.744	6.6720	16
17	1.9479	0.5134	23.6975	12.1657	0.0422	0.0822	85.958	7.0656	17
18	2.0258	0.4936	25.6454	12.6593	0.0390	0.0790	94.350	7.4530	18
19	2.1068	0.4746	27.6712	13.1339	0.0361	0.0761	102.893	7.8342	19
20	2.1911	0.4564	29.7781	13.5903	0.0336	0.0736	111.565	8.2091	20
21	2.2788	0.4388	31.9692	14.0292	0.0313	0.0713	120.341	8.5779	21
22	2.3699	0.4220	34.2480	14.4511	0.0292	0.0692	129.202	8.9407	22
23	2.4647	0.4057	36.6179	14.8568	0.0273	0.0673	138.128	9.2973	23
24	2.5633	0.3901	39.0826	15.2470	0.0256	0.0656	147.101	9.6479	24
25	2.6658	0.3751	41.6459	15.6221	0.0240	0.0640	156.104	9.9925	25
30	3.2434	0.3083	56.0849	17.2920	0.0178	0.0578	201.062	11.6274	30
35	3.9461	0.2534	73.6522	18.6646	0.0136	0.0536	244.877	13.1198	35
40	4.8010	0.2083	95.0255	19.7928	0.0105	0.0505	286.530	14.4765	40
45	5.8412	0.1712	121.0294	20.7200	0.0083	0.0483	325.403	15.7047	45
50	7.1067	0.1407	152.6671	21.4822	0.0066	0.0466	361.164	16.8122	50
60	10.5196	0.0951	237.9907	22.6235	0.0042	0.0442	422.997	18.6972	60
80	23.0498	0.0434	551.2450	23.9154	0.0018	0.0418	511.116	21.3718	80
100	50.5049	0.0198	1237.6237	24.5050	0.0008	0.0408	563.125	22.9800	100
∞				25.0000		0.0400			∞

الجدول C-8: التركيب المتقطع؛ $i = 5\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء A	لإيجاد p بإعطاء A	لإيجاد A بإعطاء F	لإيجاد A بإعطاء p	لإيجاد p بإعطاء G	لإيجاد A بإعطاء G	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	A/F	A/P	P/G	A/G	N
1	1.0500	0.9524	1.0000	0.9524	1.0000	1.0500	0.000	0.0000	1
2	1.1025	0.9070	2.0500	1.8594	0.4878	0.5378	0.907	0.4878	2
3	1.1576	0.8638	3.1525	2.7232	0.3172	0.3672	2.635	0.9675	3
4	1.2155	0.8227	4.3101	3.5460	0.2320	0.2820	5.103	1.4391	4
5	1.2763	0.7835	55256	4.3295	0.1810	0.2310	8.237	1.9025	5
6	1.3401	0.7462	6.8019	5.0757	0.1470	0.1970	11.968	2.3579	6
7	1.4071	0.7107	8.1420	5.7864	0.1228	0.1728	16.232	2.8052	7
8	1.4775	0.6768	9.5491	6.4632	0.1047	0.1547	20.970	3.2445	8
9	1.5513	0.6446	11.0266	7.1078	0.0907	0.1407	26.127	3.6758	9
10	1.6289	0.6139	12.5779	7.7217	0.0795	0.1295	31.652	4.0991	10
11	1.7103	0.5847	14.2068	8.3064	0.0704	0.1204	37.499	4.5144	11
12	1.7959	0.5568	15.9171	8.8633	0.0628	0.1128	43.624	4.9219	12
13	1.8856	0.5303	17.7130	9.3936	0.0565	0.1065	49.988	5.3215	13
14	1.9799	0.5051	19.5986	9.8986	0.0510	0.1010	56.554	5.7133	14
15	2.0789	0.4810	21.5786	10.3797	0.0463	0.0963	63.288	6.0973	15
16	2.1829	0.4581	23.6575	10.8378	0.0423	0.0923	70.160	6.4736	16
17	2.2920	0.4363	25.8404	11.2741	0.0387	0.0887	77.141	6.8423	17
18	2.4066	0.4155	28.1324	11.6896	0.0355	0.0855	84.204	7.2034	18
19	2.5270	0.3957	30.5390	12.0853	0.0327	0.0827	91.328	7.5569	19
20	2.6533	0.3769	33.0660	12.4622	0.0302	0.0802	98.488	7.9030	20
21	2.7860	0.3589	35.7193	12.8212	0.0280	0.0780	105.667	8.2416	21
22	2.9253	0.3418	38.5052	13.1630	0.0260	0.0760	112.846	8.5730	22
23	3.0715	0.3256	41.4305	13.4886	0.0241	0.0741	120.009	8.8971	23
24	3.2251	0.3101	44.5020	13.7986	0.0225	0.0725	127.140	9.2140	24
25	3.3864	0.2953	47.7271	14.0939	0.0210	0.0710	134.228	9.5238	25
30	4.3219	0.2314	66.4388	15.3725	0.0151	0.0651	168.623	10.9691	30
35	5.5160	0.1813	90.3203	16.3742	0.0111	0.0611	200.581	12.2498	35
40	7.0400	0.1420	120.7998	17.1591	0.0083	0.0583	229.545	13.3775	40
45	8.9850	0.1113	159.7002	17.7741	0.0063	0.0563	255.315	14.3644	45
50	11.4674	0.0872	209.3480	18.2559	0.0048	0.0548	277.915	15.2233	50
60	18.6792	0.0535	353.5837	18.9293	0.0028	0.0528	314.343	16.6062	60
80	49.5614	0.0202	971.2288	19.5965	0.0010	0.0510	359.646	18.3526	80
00	131.5013	0.0076	2610.0252	19.8479	0.0004	0.0504	381.749	19.2337	100
∞				20.0000		0.0500			∞

الجدول C-9: التركيب المتقطع؛ $i = 6\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
N	لإيجاد F بإعطاء P F/P	لإيجاد P بإعطاء F P/F	لإيجاد F بإعطاء A F/A	لإيجاد P بإعطاء A P/A	لإيجاد A بإعطاء F A/F	لإيجاد A بإعطاء P A/P	لإيجاد P بإعطاء G P/G	لإيجاد A بإعطاء G A/G	N
1	1.0600	0.9434	1.0000	0.9434	1.0000	1.0600	0.000	0.0000	1
2	1.1236	0.8900	2.0600	1.8334	0.4854	0.5454	0.890	0.4854	2
3	1.1910	0.8396	3.1836	2.6730	0.3141	0.3741	2.569	0.9612	3
4	1.2625	0.7921	4.3746	3.4651	0.2286	0.2886	4.946	1.4272	4
5	1.3382	0.7473	5.6371	4.2124	0.1774	0.2374	7.935	1.8836	5
6	1.4185	0.7050	6.9753	4.9173	0.1434	0.2034	11.459	2.3304	6
7	1.5036	0.6651	8.3938	5.5824	0.1191	0.1791	15.450	2.7676	7
8	1.5938	0.6274	9.8975	6.2098	0.1010	0.1610	19.842	3.1952	8
9	1.6895	0.5919	11.4913	6.8017	0.0870	0.1470	24.577	3.6133	9
10	1.7908	0.5584	13.1808	7.3601	0.0759	0.1359	29.602	4.0220	10
11	1.8983	0.5268	14.9716	7.8869	0.0668	0.1268	34.870	4.4213	11
12	2.0122	0.4970	16.8699	8.3838	0.0593	0.1193	40.337	4.8113	12
13	2.1329	0.4688	18.8821	8.8527	0.0530	0.1130	45.963	5.1920	13
14	2.2609	0.4423	21.0151	9.2950	0.0476	0.1076	51.713	5.5635	14
15	2.3966	0.4173	23.2760	9.7122	0.0430	0.1030	57.555	5.9260	15
16	2.5404	0.3936	25.6725	10.1059	0.0390	0.0990	63.459	6.2794	16
17	2.6928	0.3714	28.2129	10.4773	0.0354	0.0954	69.401	6.6240	17
18	2.8543	0.3503	30.9057	10.8276	0.0324	0.0924	75.357	6.9597	18
19	3.0256	0.3305	33.7600	11.1581	0.0296	0.0896	81.306	7.2867	19
20	3.2071	0.3118	36.7856	11.4699	0.0272	0.0872	87.230	7.6051	20
21	3.3996	0.2942	39.9927	11.7641	0.0250	0.0850	93.114	7.9151	21
22	3.6035	0.2775	43.3923	12.0416	0.0230	0.0830	98.941	8.2166	22
23	3.8197	0.2618	46.9958	12.3034	0.0213	0.0813	104.701	8.5099	23
24	4.0489	0.2470	50.8156	12.5504	0.0197	0.0797	110.381	8.7951	24
25	4.2919	0.2330	54.8645	12.7834	0.0182	0.0782	115.973	9.0722	25
30	5.7435	0.1741	79.0582	13.7648	0.0126	0.0726	142.359	10.3422	30
35	7.6861	0.1301	111.4348	14.4982	0.0090	0.0690	165.743	11.4319	35
40	10.2857	0.0972	154.7620	15.0463	0.0065	0.0665	185.957	12.3590	40
45	13.7646	0.0727	212.7435	15.4558	0.0047	0.0647	203.110	13.1413	45
50	18.4202	0.0543	290.3359	15.7619	0.0034	0.0634	217.457	13.7964	50
60	32.9877	0.0303	533.1282	16.1614	0.0019	0.0619	239.043	14.7909	60
80	105.7960	0.0095	1746.5999	16.5091	0.0006	0.0606	262.549	15.9033	80
100	339.3021	0.0029	5638.3681	16.6175	0.0002	0.0602	272.047	16.3711	100
∞				16.6667		0.0600			∞

الجدول 10-C: التركيب المتقطع؛ $i = 7\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة المتزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عالم القيمة الحالية رأس المال	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
N	لإيجاد F بإعطاء P F/P	لإيجاد P بإعطاء F P/F	لإيجاد F بإعطاء A F/A	لإيجاد P بإعطاء A P/A	لإيجاد A بإعطاء F A/F	لإيجاد A بإعطاء P A/P	لإيجاد P بإعطاء G P/G	لإيجاد A بإعطاء G A/G	N
1	1.0700	0.9346	1.0000	0.9346	1.0000	1.0700	0.000	0.0000	1
2	1.1449	0.8734	2.0700	1.8080	0.4831	0.5531	0.873	0.4831	2
3	1.2250	0.8163	3.2149	2.6243	0.3111	0.3811	2.506	0.9549	3
4	1.3108	0.7629	4.4399	3.3872	0.2252	0.2952	4.795	1.4155	4
5	1.4026	0.7130	5.7507	4.1002	0.1739	0.2439	7.647	1.8650	5
6	1.5007	0.6663	7.1533	4.7665	0.1398	0.2098	10.978	2.3032	6
7	1.6058	0.6227	8.6540	5.3893	0.1156	0.1856	14.715	2.7304	7
8	1.7182	0.5820	10.2598	5.9713	0.0975	0.1675	18.789	3.1465	8
9	1.8385	0.5439	11.9780	6.5152	0.0835	0.1535	23.140	3.5517	9
10	1.9672	0.5083	13.8164	7.0236	0.0724	0.1424	27.716	3.9461	10
11	2.1049	0.4751	15.7836	7.4987	0.0634	0.1334	32.467	4.3296	11
12	2.2522	0.4440	17.8885	7.9427	0.0559	0.1259	37.351	4.7025	12
13	2.4098	0.4150	20.1406	8.3577	0.0497	0.1197	42.330	5.0648	13
14	2.5785	0.3878	22.5505	8.7455	0.0443	0.1143	47.372	5.4167	14
15	2.7590	0.3624	25.1290	9.1079	0.0398	0.1098	52.446	5.7583	15
16	2.9522	0.3387	27.8881	9.4466	0.0359	0.1059	57.527	6.0897	16
17	3.1588	0.3166	30.8402	9.7632	0.0324	0.1024	62.592	6.4110	17
18	3.3799	0.2959	33.9990	10.0591	0.0294	0.0994	67.622	6.7225	18
19	3.6165	0.2765	37.3790	10.3356	0.0268	0.0968	72.599	7.0242	19
20	3.8697	0.2584	40.9955	10.5940	0.0244	0.0944	77.509	7.3163	20
21	4.1406	0.2415	44.8652	10.8355	0.0223	0.0923	82.339	7.5990	21
22	4.4304	0.2257	49.0057	11.0612	0.0204	0.0904	87.079	7.8725	22
23	4.7405	0.2109	53.4361	11.2722	0.0187	0.0887	91.720	8.1369	23
24	5.0724	0.1971	58.1767	11.4693	0.0172	0.0872	96.255	8.3923	24
25	54274	01842	632490	116536	00158	00858	100677	86391	25
30	7.6123	0.1314	94.4608	12.4090	0.0106	0.0806	120.972	9.7487	30
35	10.6766	0.0937	138.2369	12.9477	0.0072	0.0772	138.135	10.6687	35
40	14.9745	0.0668	199.6351	13.3317	0.0050	0.0750	152.293	11.4233	40
45	21.0023	0.0476	285.7495	13.6055	0.0035	0.0735	163.756	12.0360	45
50	29.4570	0.0339	406.5289	13.8007	0.0025	0.0725	172.905	12.5287	50
60	57.9464	0.0173	813.5204	14.0392	0.0012	0.0712	185.768	13.2321	60
80	224.2344	0.0045	3189.0627	14.2220	0.0003	0.0703	198.075	13.9273	80
100	867.7163	0.0012	12381.6618	14.2693	0.0001	0.0701	202.200	14.1703	100
∞				14.2857		0.0700			∞

الجدول 11-C: التركيب المتقطع؛ $i = 8\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء A	لإيجاد P بإعطاء A	لإيجاد A بإعطاء F	لإيجاد A بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء G	لإيجاد A بإعطاء G	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	A/F	A/P	P/G	A/G	N
1	1.0800	0.9259	1.0000	0.9259	1.0000	1.0800	0.000	0.0000	1
2	1.1664	0.8573	2.0800	1.7833	0.4808	0.5608	0.857	0.4808	2
3	1.2597	0.7938	3.2464	2.5771	0.3080	0.3880	2.445	0.9487	3
4	1.3605	0.7350	4.5061	3.3121	0.2219	0.3019	4.650	1.4040	4
5	1.4693	0.6806	5.8666	3.9927	0.1705	0.2505	7.372	1.8465	5
6	1.5869	0.6302	7.3359	4.6229	0.1363	0.2163	10.523	2.2763	6
7	1.7138	0.5835	8.9228	5.2064	0.1121	0.1921	14.024	2.6937	7
8	1.8509	0.5403	10.6366	5.7466	0.0940	0.1740	17.806	3.0985	8
9	1.9990	0.5002	12.4876	6.2469	0.0801	0.1601	21.808	3.4910	9
10	2.1589	0.4632	14.4866	6.7101	0.0690	0.1490	25.977	3.8713	10
11	2.3316	0.4289	16.6455	7.1390	0.0601	0.1401	30.266	4.2395	11
12	2.5182	0.3971	18.9771	7.5361	0.0527	0.1327	34.634	4.5957	12
13	2.7196	0.3677	21.4953	7.9038	0.0465	0.1265	39.046	4.9402	13
14	2.9372	0.3405	24.2149	8.2442	0.0413	0.1213	43.472	5.2731	14
15	3.1722	0.3152	27.1521	8.5595	0.0368	0.1168	47.886	5.5945	15
16	3.4259	0.2919	30.3243	8.8514	0.0330	0.1130	52.264	5.9046	16
17	3.7000	0.2703	33.7502	9.1216	0.0296	0.1096	56.588	6.2037	17
18	3.9960	0.2502	37.4502	9.3719	0.0267	0.1067	60.843	6.4920	18
19	4.3157	0.2317	41.4463	9.6036	0.0241	0.1041	65.013	6.7697	19
20	4.6610	0.2145	45.7620	9.8181	0.0219	0.1019	69.090	7.0369	20
21	5.0338	0.1987	50.4229	10.0168	0.0198	0.0998	73.063	7.2940	21
22	5.4365	0.1839	55.4568	10.2007	0.0180	0.0980	76.926	7.5412	22
23	5.8715	0.1703	60.8933	10.3711	0.0164	0.0964	80.673	7.7786	23
24	6.3412	0.1577	66.7648	10.5288	0.0150	0.0950	84.300	8.0066	24
25	6.8485	0.1460	73.1059	10.6748	0.0137	0.0937	87.804	8.2254	25
30	10.0627	0.0994	113.2832	11.2578	0.0088	0.0888	103.456	9.1897	30
35	14.7853	0.0676	172.3168	11.6546	0.0058	0.0858	116.092	9.9611	35
40	21.7245	0.0460	259.0565	11.9246	0.0039	0.0839	126.042	10.5699	40
45	31.9204	0.0313	386.5056	12.1084	0.0026	0.0826	133.733	11.0447	45
50	46.9016	0.0213	573.7702	12.2335	0.0017	0.0817	139.593	11.4107	50
60	101.2571	0.0099	1253.2133	12.3766	0.0008	0.0808	147.300	11.9015	60
80	471.9548	0.0021	5886.9354	12.4735	0.0002	0.0802	153.800	12.3301	80
100	2199.7613	0.0005	27484.5157	12.4943	^{a}	0.0800	155.611	12.4545	100
∞				12.5000		0.0800			∞

[a] أقل من 0.0001

الجدول 12-C: التركيب المتقطع؛ $i = 9\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء A	لإيجاد P بإعطاء A	لإيجاد A بإعطاء F	لإيجاد A بإعطاء P	لإيجاد A بإعطاء G	لإيجاد A بإعطاء G	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	A/F	A/P	P/G	A/G	N
1	1.0900	0.9174	1.0000	0.9174	1.0000	1.0900	0.000	0.0000	1
2	1.1881	0.8417	2.0900	1.7591	0.4785	0.5685	0.842	0.4785	2
3	1.2950	0.7722	3.2781	2.5313	0.3051	0.3951	2.386	0.9426	3
4	1.4116	0.7084	4.5731	3.2397	0.2187	0.3087	4.511	1.3925	4
5	1.5386	0.6499	5.9847	3.8897	0.1671	0.2571	7.111	1.8282	5
6	1.6771	0.5963	7.5233	4.4859	0.1329	0.2229	10.092	2.2498	6
7	1.8280	0.5470	9.2004	5.0330	0.1087	0.1987	13.375	2.6574	7
8	1.9926	0.5019	11.0285	5.5348	0.0907	0.1807	16.888	3.0512	8
9	2.1719	0.4604	13.0210	5.9952	0.0768	0.1668	20.571	3.4312	9
10	2.3674	0.4224	15.1929	6.4177	0.0658	0.1558	24.373	3.7978	10
11	2.5804	0.3875	17.5603	6.8052	0.0569	0.1469	28.248	4.1510	11
12	2.8127	0.3555	20.1407	7.1607	0.0497	0.1397	32.159	4.4910	12
13	3.0658	0.3262	22.9534	7.4869	0.0436	0.1336	36.073	4.8182	13
14	3.3417	0.2992	26.0192	7.7862	0.0384	0.1284	39.963	5.1326	14
15	3.6425	0.2745	29.3609	8.0607	0.0341	0.1241	43.807	5.4346	15
16	3.9703	0.2519	33.0034	8.3126	0.0303	0.1203	47.585	5.7245	16
17	4.3276	0.2311	36.9737	8.5436	0.0270	0.1170	51.282	6.0024	17
18	4.7171	0.2120	41.3013	8.7556	0.0242	0.1142	54.886	6.2687	18
19	5.1417	0.1945	46.0185	8.9501	0.0217	0.1117	58.387	6.5236	19
20	5.6044	0.1784	51.1601	9.1285	0.0195	0.1095	61.777	6.7674	20
21	6.1088	0.1637	56.7645	9.2922	0.0176	0.1076	65.051	7.0006	21
22	6.6586	0.1502	62.8733	9.4424	0.0159	0.1059	68.205	7.2232	22
23	7.2579	0.1378	69.5319	9.5802	0.0144	0.1044	71.236	7.4357	23
24	7.9111	0.1264	76.7898	9.7066	0.0130	0.1030	74.143	7.6384	24
25	8.6231	0.1160	84.7009	9.8226	0.0118	0.1018	76.927	7.8316	25
30	13.2677	0.0754	136.3075	10.2737	0.0073	0.0973	89.028	8.6657	30
35	20.4140	0.0490	215.7108	10.5668	0.0046	0.0946	98.359	9.3083	35
40	31.4094	0.0318	337.8824	10.7574	0.0030	0.0930	105.376	9.7957	40
45	48.3273	0.0207	525.8587	10.8812	0.0019	0.0919	110.556	10.1603	45
50	74.3575	0.0134	815.0836	10.9617	0.0012	0.0912	114.325	10.4295	50
60	176.0313	0.0057	1944.7921	11.0480	0.0005	0.0905	118.968	10.7683	60
80	986.5517	0.0010	10950.5741	11.0998	0.0001	0.0901	122.431	11.0299	80
100	5529.0408	0.0002	61422.6755	11.1091	a	0.0900	123.234	11.0930	100
∞				11.1111		0.0900			∞

^{a} أقل من 0.0001

الجدول 13-C: التركيب المتقطع؛ $i = 10\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
N	لإيجاد A بإعطاء G F/P	لإيجاد A بإعطاء G P/F	لإيجاد A بإعطاء G F/A	لإيجاد A بإعطاء G P/A	لإيجاد A بإعطاء G A/F	لإيجاد A بإعطاء G A/P	لإيجاد A بإعطاء G P/G	لإيجاد A بإعطاء G A/G	N
1	1.1000	0.9091	1.0000	0.9091	1.0000	1.1000	0.000	0.0000	1
2	1.2100	0.8264	2.1000	1.7355	0.4762	0.5762	0.826	0.4762	2
3	1.3310	0.7513	3.3100	2.4869	0.3021	0.4021	2.329	0.9366	3
4	1.4641	0.6830	4.6410	3.1699	0.2155	0.3155	4.378	1.3812	4
5	1.6105	0.6209	6.1051	3.7908	0.1638	0.2638	6.862	1.8101	5
6	1.7716	0.5645	7.7156	4.3553	0.1296	0.2296	9.684	2.2236	6
7	1.9487	0.5132	9.4872	4.8684	0.1054	0.2054	12.763	2.6216	7
8	2.1436	0.4665	11.4359	5.3349	0.0874	0.1874	16.029	3.0045	8
9	2.3579	0.4241	13.5795	5.7590	0.0736	0.1736	19.422	3.3724	9
10	2.5937	0.3855	15.9374	6.1446	0.0627	0.1627	22.891	3.7255	10
11	2.8531	0.3505	18.5312	6.4951	0.0540	0.1540	26.396	4.0641	11
12	3.1384	0.3186	21.3843	6.8137	0.0468	0.1468	29.901	4.3884	12
13	3.4523	0.2897	24.5227	7.1034	0.0408	0.1408	33.377	4.6988	13
14	3.7975	0.2633	27.9750	7.3667	0.0357	0.1357	36.801	4.9955	14
15	4.1772	0.2394	31.7725	7.6061	0.0315	0.1315	40.152	5.2789	15
16	4.5950	0.2176	35.9497	7.8237	0.0278	0.1278	43.416	5.5493	16
17	5.0545	0.1978	40.5447	8.0216	0.0247	0.1247	46.582	5.8071	17
18	5.5599	0.1799	45.5992	8.2014	0.0219	0.1219	49.640	6.0526	18
19	6.1159	0.1635	51.1591	8.3649	0.0195	0.1195	52.583	6.2861	19
20	6.7275	0.1486	57.2750	8.5136	0.0175	0.1175	55.407	6.5081	20
21	7.4002	0.1351	64.0025	8.6487	0.0156	0.1156	58.110	6.7189	21
22	8.1403	0.1228	71.4027	8.7715	0.0140	0.1140	60.689	6.9189	22
23	8.9543	0.1117	79.5430	8.8832	0.0126	0.1126	63.146	7.1085	23
24	9.8497	0.1015	88.4973	8.9847	0.0113	0.1113	65.481	7.2881	24
25	10.8347	0.0923	98.3471	9.0770	0.0102	0.1102	67.696	7.4580	25
30	17.4494	0.0573	164.4940	9.4269	0.0061	0.1061	77.077	8.1762	30
35	28.1024	0.0356	271.0244	9.6442	0.0037	0.1037	83.987	8.7086	35
40	45.2593	0.0221	442.5926	9.7791	0.0023	0.1023	88.953	9.0962	40
45	72.8905	0.0137	718.9048	9.8628	0.0014	0.1014	92.454	9.3740	45
50	117.3909	0.0085	1163.9085	9.9148	0.0009	0.1009	94.889	9.5704	50
60	304.4816	0.0033	3034.8164	9.9672	0.0003	0.1003	97.701	9.8023	60
80	2048.4002	0.0005	20474.0021	9.9951	a	0.1000	99.561	9.9609	80
100	13780.6123	0.0001	137796.1234	9.9993	a	0.1000	99.920	9.9927	100
∞				10.0000		0.1000			∞

[a] أقل من 0.0001

الجدول 14-C: التركيب المتقطع؛ $i = 12\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام	
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء A	لإيجاد P بإعطاء A	لإيجاد A بإعطاء F	لإيجاد A بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء G	لإيجاد A بإعطاء G
N	F/P	P/F	F/A	P/A	A/F	A/P	P/G	A/G
1	1.1200	0.8929	1.0000	0.8929	1.0000	1.1200	0.000	0.0000
2	1.2544	0.7972	2.1200	1.6901	0.4717	0.5917	0.797	0.4717
3	1.4049	0.7118	3.3744	2.4018	0.2963	0.4163	2.221	0.9246
4	1.5735	0.6355	4.7793	3.0373	0.2092	0.3292	4.127	1.3589
5	1.7623	0.5674	6.3528	3.6048	0.1574	0.2774	6.397	1.7746
6	1.9738	0.5066	8.1152	4.1114	0.1232	0.2432	8.930	2.1720
7	2.2107	0.4523	10.0890	4.5638	0.0991	0.2191	11.644	2.5515
8	2.4760	0.4039	12.2997	4.9676	0.0813	0.2013	14.471	2.9131
9	2.7731	0.3606	14.7757	5.3282	0.0677	0.1877	17.356	3.2574
10	3.1058	0.3220	17.5487	5.6502	0.0570	0.1770	20.254	3.5847
11	3.4785	0.2875	20.6546	5.9377	0.0484	0.1684	23.129	3.8953
12	3.8960	0.2567	24.1331	6.1944	0.0414	0.1614	25.952	4.1897
13	4.3635	0.2292	28.0291	6.4235	0.0357	0.1557	28.702	4.4683
14	4.8871	0.2046	32.3926	6.6282	0.0309	0.1509	31.362	4.7317
15	5.4736	0.1827	37.2797	6.8109	0.0268	0.1468	33.920	4.9803
16	6.1304	0.1631	42.7533	6.9740	0.0234	0.1434	36.367	5.2147
17	6.8660	0.1456	48.8837	7.1196	0.0205	0.1405	38.697	5.4353
18	7.6900	0.1300	55.7497	7.2497	0.0179	0.1379	40.908	5.6427
19	8.6128	0.1161	63.4397	7.3658	0.0158	0.1358	42.998	5.8375
20	9.6463	0.1037	72.0524	7.4694	0.0139	0.1339	44.968	6.0202
21	10.8038	0.0926	81.6987	7.5620	0.0122	0.1322	46.819	6.1913
22	12.1003	0.0826	92.5026	7.6446	0.0108	0.1308	48.554	6.3514
23	13.5523	0.0738	104.6029	7.7184	0.0096	0.1296	50.178	6.5010
24	15.1786	0.0659	118.1552	7.7843	0.0085	0.1285	51.693	6.6406
25	17.0001	0.0588	133.3339	7.8431	0.0075	0.1275	53.105	6.7708
30	29.9599	0.0334	241.3327	8.0552	0.0041	0.1241	58.782	7.2974
35	52.7996	0.0189	431.6635	8.1755	0.0023	0.1223	62.605	7.6577
40	93.0510	0.0107	767.0914	8.2438	0.0013	0.1213	65.116	7.8988
45	163.9876	0.0061	1358.2300	8.2825	0.0007	0.1207	66.734	8.0572
50	289.0022	0.0035	2400.0182	8.3045	0.0004	0.1204	67.762	8.1597
60	897.5969	0.0011	7471.6411	8.3240	0.0001	0.1201	68.810	8.2664
80	8658.4831	0.0001	72145.6925	8.3324	a	0.1200	69.359	8.3241
100	83522.2657		696010.5477	8.3332	a	0.1200	69.434	8.3321
∞				8.3333		0.1200		

a أقل من 0.0001

الجدول 15-C: التركيب المتقطع؛ $i = 15\%$

N	دفعة واحدة: عامل القيمة المركبة، لإيجاد F بإعطاء P F/P	دفعة واحدة: عامل القيمة الحالية، لإيجاد P بإعطاء F P/F	السلسلة المنتظمة: عامل القيمة المركبة، لإيجاد F بإعطاء A F/A	السلسلة المنتظمة: عامل القيمة الحالية، لإيجاد P بإعطاء A P/A	السلسلة المنتظمة: عامل أقساط السداد، لإيجاد A بإعطاء F A/F	السلسلة المنتظمة: عامل تغطية رأس المال، لإيجاد A بإعطاء P A/P	السلسلة متزايدة بانتظام: عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة، لإيجاد P بإعطاء G P/G	السلسلة متزايدة بانتظام: عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة، لإيجاد A بإعطاء G A/G	N
1	1.1500	0.8696	1.0000	0.8696	1.0000	1.1500	0.000	0.0000	1
2	1.3225	0.7561	2.1500	1.6257	0.4651	0.6151	0.756	0.4651	2
3	1.5209	0.6575	3.4725	2.2832	0.2880	0.4380	2.071	0.9071	3
4	1.7490	0.5718	4.9934	2.8550	0.2003	0.3503	3.786	1.3263	4
5	2.0114	0.4972	6.7424	3.3522	0.1483	0.2983	5.775	1.7228	5
6	2.3131	0.4323	8.7537	3.7845	0.1142	0.2642	7.937	2.0972	6
7	2.6600	0.3759	11.0668	4.1604	0.0904	0.2404	10.192	2.4498	7
8	3.0590	0.3269	13.7268	4.4873	0.0729	0.2229	12.481	2.7813	8
9	3.5179	0.2843	16.7858	4.7716	0.0596	0.2096	14.755	3.0922	9
10	4.0456	0.2472	20.3037	5.0188	0.0493	0.1993	16.980	3.3832	10
11	4.6524	0.2149	24.3493	5.2337	0.0411	0.1911	19.129	3.6549	11
12	5.3503	0.1869	29.0017	5.4206	0.0345	0.1845	21.185	3.9082	12
13	6.1528	0.1625	34.3519	5.5831	0.0291	0.1791	23.135	4.1438	13
14	7.0757	0.1413	40.5047	5.7245	0.0247	0.1747	24.973	4.3624	14
15	8.1371	0.1229	47.5804	5.8474	0.0210	0.1710	26.693	4.5650	15
16	9.3576	0.1069	55.7175	5.9542	0.0179	0.1679	28.296	4.7522	16
17	10.7613	0.0929	65.0751	6.0472	0.0154	0.1654	29.783	4.9251	17
18	12.3755	0.0808	75.8364	6.1280	0.0132	0.1632	31.157	5.0843	18
19	14.2318	0.0703	88.2118	6.1982	0.0113	0.1613	32.421	5.2307	19
20	16.3665	0.0611	102.4436	6.2593	0.0098	0.1598	33.582	5.3651	20
21	18.8215	0.0531	118.8101	6.3125	0.0084	0.1584	34.645	5.4883	21
22	21.6447	0.0462	137.6316	6.3587	0.0073	0.1573	35.615	5.6010	22
23	24.8915	0.0402	159.2764	6.3988	0.0063	0.1563	36.499	5.7040	23
24	28.6252	0.0349	184.1678	6.4338	0.0054	0.1554	37.302	5.7979	24
25	32.9190	0.0304	212.7930	6.4641	0.0047	0.1547	38.031	5.8834	25
30	66.2118	0.0151	434.7451	6.5660	0.0023	0.1523	40.753	6.2066	30
35	133.1755	0.0075	881.1702	6.6166	0.0011	0.1511	42.359	6.4019	35
40	267.8635	0.0037	1779.0903	6.6418	0.0006	0.1506	43.283	6.5168	40
45	538.7693	0.0019	3585.1285	6.6543	0.0003	0.1503	43.805	6.5830	45
50	1083.6574	0.0009	7217.7163	6.6605	0.0001	0.1501	44.096	6.6205	50
60	4383.9987	0.0002	29219.9916	6.6651	a	0.1500	44.343	6.6530	60
80	71750.8794	a	478332.5293	6.6666	a	0.1500	44.436	6.6656	80
100	1174313.4507	a	7828749.6713	6.6667	a	0.1500	44.444	6.6666	100
∞				6.6667		0.1500			∞

[a] أقل من 0.0001

الجدول 16-C: التركيب المتقطع؛ $i = 18\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء A	لإيجاد P بإعطاء A	لإيجاد A بإعطاء F	لإيجاد A بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء G	لإيجاد A بإعطاء G	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	A/F	A/P	P/G	A/G	N
1	1.1800	0.8475	1.0000	0.8475	1.0000	1.1800	0.000	0.0000	1
2	1.3924	0.7182	2.1800	1.5656	0.4587	0.6387	0.718	0.4587	2
3	1.6430	0.6086	3.5724	2.1743	0.2799	0.4599	1.935	0.8902	3
4	1.9388	0.5158	5.2154	2.6901	0.1917	0.3717	3.483	1.2947	4
5	2.2878	0.4371	7.1542	3.1272	0.1398	0.3198	5.231	1.6728	5
6	2.6996	0.3704	9.4420	3.4976	0.1059	0.2859	7.083	2.0252	6
7	3.1855	0.3139	12.1415	3.8115	0.0824	0.2624	8.967	2.3526	7
8	3.7589	0.2660	15.3270	4.0776	0.0652	0.2452	10.829	2.6558	8
9	4.4355	0.2255	19.0859	4.3030	0.0524	0.2324	12.633	2.9358	9
10	5.2338	0.1911	23.5213	4.4941	0.0425	0.2225	14.353	3.1936	10
11	6.1759	0.1619	28.7551	4.6560	0.0348	0.2148	15.972	3.4303	11
12	7.2876	0.1372	34.9311	4.7932	0.0286	0.2086	17.481	3.6470	12
13	8.5994	0.1163	42.2187	4.9095	0.0237	0.2037	18.877	3.8449	13
14	10.1472	0.0985	50.8180	5.0081	0.0197	0.1997	20.158	4.0250	14
15	11.9737	0.0835	60.9653	5.0916	0.0164	0.1964	21.327	4.1887	15
16	14.1290	0.0708	72.9390	5.1624	0.0137	0.1937	22.389	4.3369	16
17	16.6722	0.0600	87.0680	5.2223	0.0115	0.1915	23.348	4.4708	17
18	19.6733	0.0508	103.7403	5.2732	0.0096	0.1896	24.212	4.5916	18
19	23.2144	0.0431	123.4135	5.3162	0.0081	0.1881	24.988	4.7003	19
20	27.3930	0.0365	146.6280	5.3527	0.0068	0.1868	25.681	4.7978	20
21	32.3238	0.0309	174.0210	5.3837	0.0057	0.1857	26.300	4.8851	21
22	38.1421	0.0262	206.3448	5.4099	0.0048	0.1848	26.851	4.9632	22
23	45.0076	0.0222	244.4868	5.4321	0.0041	0.1841	27.339	5.0329	23
24	53.1090	0.0188	289.4945	5.4509	0.0035	0.1835	27.773	5.0950	24
25	62.6686	0.0160	342.6035	5.4669	0.0029	0.1829	28.156	5.1502	25
30	143.3706	0.0070	790.9480	5.5168	0.0013	0.1813	29.486	5.3448	30
35	327.9973	0.0030	1816.6516	5.5386	0.0006	0.1806	30.177	5.4485	35
40	750.3783	0.0013	4163.2130	5.5482	0.0002	0.1802	30.527	5.5022	40
45	1716.6839	0.0006	9531.5771	5.5523	0.0001	0.1801	30.701	5.5293	45
50	3927.3569	0.0003	21813.0937	5.5541	a	0.1800	30.786	5.5428	50
60	20555.1400	a	114189.6665	5.5553	a	0.1800	30.847	5.5526	60
80	563067.6604	a	3128148.1133	5.5555	a	0.1800	30.863	5.5554	80
∞				5.5556	a	0.1800			∞

[a] أقل من 0.0001

الجدول C-17: التركيب المتقطع؛ $i = 20\%$

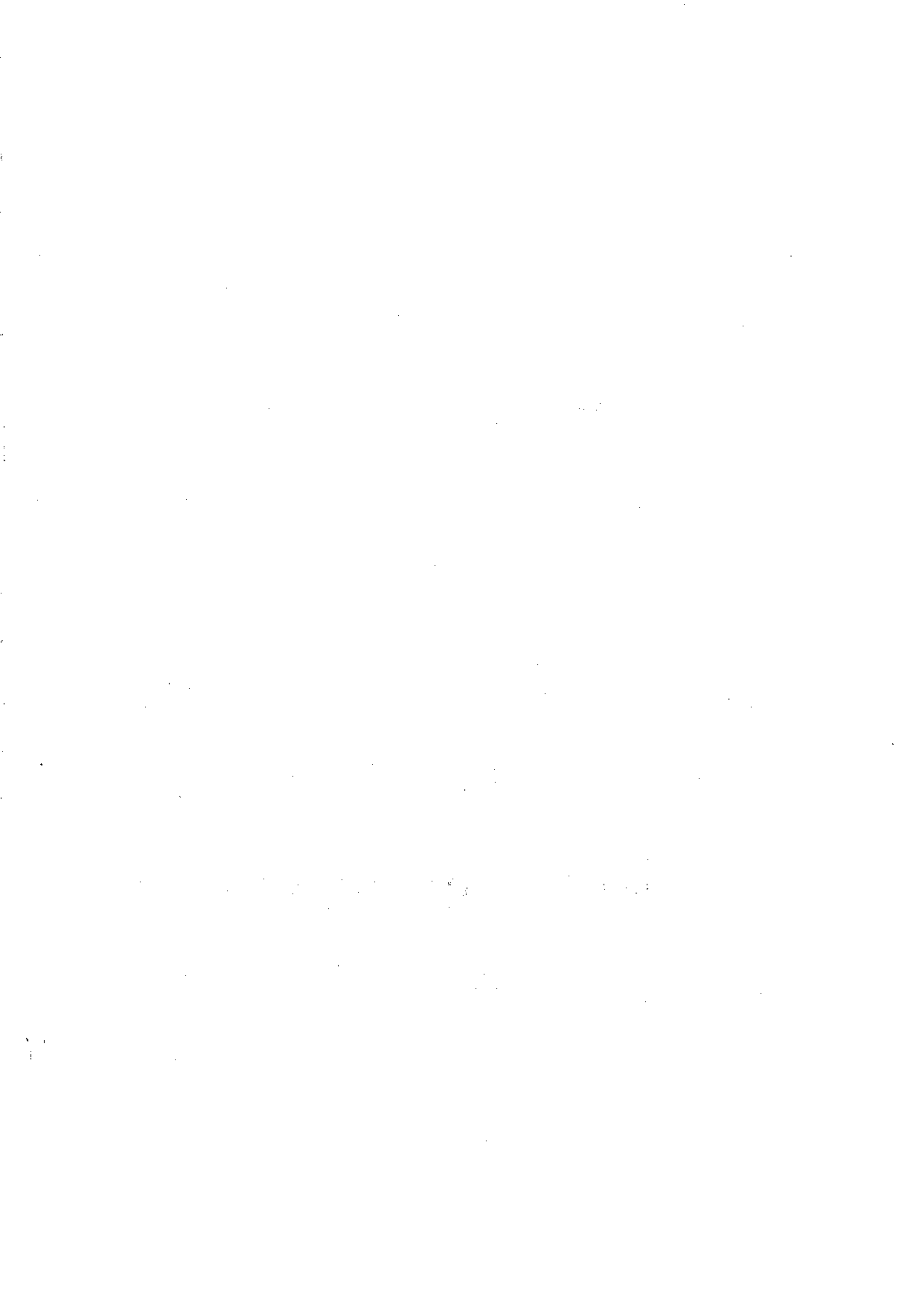
	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
N	لإيجاد F بإعطاء P F/P	لإيجاد P بإعطاء F P/F	لإيجاد F بإعطاء A F/A	لإيجاد P بإعطاء A P/A	لإيجاد A بإعطاء F A/F	لإيجاد A بإعطاء P A/P	لإيجاد P بإعطاء G P/G	لإيجاد A بإعطاء G A/G	N
1	1.2000	0.8333	1.0000	0.8333	1.0000	1.2000	0.000	0.0000	1
2	1.4400	0.6944	2.2000	1.5278	0.4545	0.6545	0.694	0.4545	2
3	1.7280	0.5787	3.6400	2.1065	0.2747	0.4747	1.852	0.8791	3
4	2.0736	0.4823	5.3680	2.5887	0.1863	0.3863	3.299	1.2742	4
5	2.4883	0.4019	7.4416	2.9906	0.1344	0.3344	4.906	1.6405	5
6	2.9860	0.3349	9.9299	3.3255	0.1007	0.3007	6.581	1.9788	6
7	3.5832	0.2791	12.9159	3.6046	0.0774	0.2774	8.255	2.2902	7
8	4.2998	0.2326	16.4991	3.8372	0.0606	0.2606	9.883	2.5756	8
9	5.1598	0.1938	20.7989	4.0310	0.0481	0.2481	11.434	2.8364	9
10	6.1917	0.1615	25.9587	4.1925	0.0385	0.2385	12.887	3.0739	10
11	7.4301	0.1346	32.1504	4.3271	0.0311	0.2311	14.233	3.2893	11
12	8.9161	0.1122	39.5805	4.4392	0.0253	0.2253	15.467	3.4841	12
13	10.6993	0.0935	48.4966	4.5327	0.0206	0.2206	16.588	3.6597	13
14	12.8392	0.0779	59.1959	4.6106	0.0169	0.2169	17.601	3.8175	14
15	15.4070	0.0649	72.0351	4.6755	0.0139	0.2139	18.510	3.9588	15
16	18.4884	0.0541	87.4421	4.7296	0.0114	0.2114	19.321	4.0851	16
17	22.1861	0.0451	105.9306	4.7746	0.0094	0.2094	20.042	4.1976	17
18	26.6233	0.0376	128.1167	4.8122	0.0078	0.2078	20.681	4.2975	18
19	31.9480	0.0313	154.7400	4.8435	0.0065	0.2065	21.244	4.3861	19
20	38.3376	0.0261	186.6880	4.8696	0.0054	0.2054	21.740	4.4643	20
21	46.0051	0.0217	225.0256	4.8913	0.0044	0.2044	22.174	4.5334	21
22	55.2061	0.0181	271.0307	4.9094	0.0037	0.2037	22.555	4.5941	22
23	66.2474	0.0151	326.2369	4.9245	0.0031	0.2031	22.887	4.6475	23
24	79.4968	0.0126	392.4842	4.9371	0.0025	0.2025	23.176	4.6943	24
25	95.3962	0.0105	471.9811	4.9476	0.0021	0.2021	23.428	4.7352	25
30	237.3763	0.0042	1181.8816	4.9789	0.0008	0.2008	24.263	4.8731	30
35	590.6682	0.0017	2948.3411	4.9915	0.0003	0.2003	24.661	4.9406	35
40	1469.7716	0.0007	7343.8578	4.9966	0.0001	0.2001	24.847	4.9728	40
45	3657.2620	0.0003	18281.3099	4.9986	0.0001	0.2001	24.932	4.9877	45
50	9100.4382	0.0001	45497.1908	4.9995	a	0.2000	24.970	4.9945	50
60	56347.5144	a	281732.5718	4.9999	a	0.2000	24.994	4.9989	60
80	2160228.4620	a	10801137.3101	5.0000	a	0.2000	25.000	5.0000	80
∞				5.0000		0.2000			∞

[a] أقل من 0.0001

الجدول C-18: التركيب المتقطع؛ $i = 25\%$

	دفعة واحدة		السلسلة المنتظمة				السلسلة متزايدة بانتظام		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل أقساط السداد	عامل تغطية رأس المال	عامل القيمة الحالية لسلسلة متزايدة	عامل القيمة المنتظمة المكافئة لسلسلة متزايدة	
N	لإيجاد F بإعطاء P F/P	لإيجاد P بإعطاء F P/F	لإيجاد F بإعطاء A F/A	لإيجاد P بإعطاء A P/A	لإيجاد A بإعطاء F A/F	لإيجاد A بإعطاء P A/P	لإيجاد P بإعطاء G P/G	لإيجاد A بإعطاء G A/G	N
1	1.2500	0.8000	1.0000	0.8000	1.0000	1.2500	0.000	0.0000	1
2	1.5625	0.6400	2.2500	1.4400	0.4444	0.6944	0.640	0.4444	2
3	1.9531	0.5120	3.8125	1.9520	0.2623	0.5123	1.664	0.8525	3
4	2.4414	0.4096	5.7656	2.3616	0.1734	0.4234	2.893	1.2249	4
5	3.0518	0.3277	8.2070	2.6893	0.1218	0.3718	4.204	1.5631	5
6	3.8147	0.2621	11.2588	2.9514	0.0888	0.3388	5.514	1.8683	6
7	4.7684	0.2097	15.0735	3.1611	0.0663	0.3163	6.773	2.1424	7
8	5.9605	0.1678	19.8419	3.3289	0.0504	0.3004	7.947	2.3872	8
9	7.4506	0.1342	25.8023	3.4631	0.0388	0.2888	9.021	2.6048	9
10	9.3132	0.1074	33.2529	3.5705	0.0301	0.2801	9.987	2.7971	10
11	11.6415	0.0859	42.5661	3.6564	0.0235	0.2735	10.846	2.9663	11
12	14.5519	0.0687	54.2077	3.7251	0.0184	0.2684	11.602	3.1145	12
13	18.1899	0.0550	68.7596	3.7801	0.0145	0.2645	12.262	3.2437	13
14	22.7374	0.0440	86.9495	3.8241	0.0115	0.2615	12.833	3.3559	14
15	28.4217	0.0352	109.6868	3.8593	0.0091	0.2591	13.326	3.4530	15
16	35.5271	0.0281	138.1085	3.8874	0.0072	0.2572	13.748	3.5366	16
17	44.4089	0.0225	173.6357	3.9099	0.0058	0.2558	14.109	3.6084	17
18	55.5112	0.0180	218.0446	3.9279	0.0046	0.2546	14.415	3.6698	18
19	69.3889	0.0144	273.5558	3.9424	0.0037	0.2537	14.674	3.7222	19
20	86.7362	0.0115	342.9447	3.9539	0.0029	0.2529	14.893	3.7667	20
21	108.4202	0.0092	429.6809	3.9631	0.0023	0.2523	15.078	3.8045	21
22	135.5253	0.0074	538.1011	3.9705	0.0019	0.2519	15.233	3.8365	22
23	169.4066	0.0059	673.6264	3.9764	0.0015	0.2515	15.363	3.8634	23
24	211.7582	0.0047	843.0329	3.9811	0.0012	0.2512	15.471	3.8861	24
25	264.6978	0.0038	1054.7912	3.9849	0.0009	0.2509	15.562	3.9052	25
30	807.7936	0.0012	3227.1743	3.9950	0.0003	0.2503	15.832	3.9628	30
35	2465.1903	0.0004	9856.7613	3.9984	0.0001	0.2501	15.937	3.9858	35
40	7523.1638	0.0001	30088.6554	3.9995	a	0.2500	15.977	3.9947	40
45	22958.8740	a	91831.4962	3.9998	a	0.2500	15.992	3.9980	45
50	70064.9232	a	280255.6929	3.9999	a	0.2500	15.997	3.9993	50
60	652530.4468	a	2610117.7872	4.0000	a	0.2500	16.000	3.9999	60
∞				4.0000		0.2500			∞

[a] أقل من 0.0001



جداول الفائدة والدفعات المنتظمة للتركيب المستمر

للقيم المختلفة من 5% حتـــى 20%

r = معدل الفائدة الاسمي لكل مدة، مركب بشكل مستمر

N = عدد مدد التركيب

$$(F/P, \underline{r}\%, N) = e^{rN}$$

$$(P/A, \underline{r}\%, N) = \frac{e^{rN}-1}{e^{rN}(e^{r}-1)}$$

$$(P/F, \underline{r}\%, N) = e^{-rN} = \frac{1}{e^{rN}}$$

$$(F/\overline{A}, \underline{r}\%, N) = \frac{e^{rN}-1}{r}$$

$$(F/A, \underline{r}\%, N) = \frac{e^{rN}-1}{e^{r}-1}$$

$$(P/\overline{A}, \underline{r}\%, N) = \frac{e^{rN}-1}{re^{rN}}$$

الجدول D-1: التركيب المستمر؛ $r = 8\%$

	تدفقات متقطعة				تدفقات مستمرة		
	دفعة واحدة		سلسلة منتظمة		سلسلة منتظمة		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء $\overline{A}$	لإيجاد P بإعطاء $\overline{A}$	لإيجاد F بإعطاء $\overline{A}$	لإيجاد P بإعطاء $\overline{A}$	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	$F/\overline{A}$	$P/\overline{A}$	N
1	1.0833	0.9231	1.0000	0.9231	1.0411	0.9610	1
2	1.1735	0.8521	2.0833	1.7753	2.1689	1.8482	2
3	1.2712	0.7866	3.2568	2.5619	3.3906	2.6672	3
4	1.3771	0.7261	4.5280	3.2880	4.7141	3.4231	4
5	1.4918	0.6703	5.9052	3.9584	6.1478	4.1210	5
6	1.6161	0.6188	7.3970	4.5771	7.7009	4.7652	6
7	1.7507	0.5712	9.0131	5.1483	9.3834	5.3599	7
8	1.8965	0.5273	10.7637	5.6756	11.2060	5.9088	8
9	2.0544	0.4868	12.6602	6.1624	13.1804	6.4156	9
10	2.2255	0.4493	14.7147	6.6117	15.3193	6.8834	10
11	2.4109	0.4148	16.9402	7.0265	17.6362	7.3152	11
12	2.6117	0.3829	19.3511	7.4094	20.1462	7.7138	12
13	2.8292	0.3535	21.9628	7.7629	22.8652	8.0818	13
14	3.0649	0.3263	24.7920	8.0891	25.8107	8.4215	14
15	3.3201	0.3012	27.8569	8.3903	29.0015	8.7351	15
16	3.5966	0.2780	31.1770	8.6684	32.4580	9.0245	16
17	3.8962	0.2567	34.7736	8.9250	36.2024	9.2917	17
18	4.2207	0.2369	38.6698	9.1620	40.2587	9.5384	18
19	4.5722	0.2187	42.8905	9.3807	44.6528	9.7661	19
20	4.9530	0.2019	47.4627	9.5826	49.4129	9.9763	20
21	5.3656	0.1864	52.4158	9.7689	54.5694	10.1703	21
22	5.8124	0.1720	57.7813	9.9410	60.1555	10.3494	22
23	6.2965	0.1588	63.5938	10.0998	66.2067	10.5148	23
24	6.8120	0.1466	69.8903	10.2464	72.7620	10.6674	24
25	7.3891	0.1353	76.7113	10.3817	79.8632	10.8083	25
26	8.0045	0.1249	84.1003	10.5067	87.5559	10.9384	26
27	8.6711	0.1153	92.1048	10.6220	95.8892	11.0584	27
28	9.3933	0.1065	100.776	10.7285	104.917	11.1693	28
29	10.1757	0.0983	110.169	10.8267	114.696	11.2716	29
30	11.0232	0.0907	120.345	10.9174	125.290	11.3660	30
35	16.4446	0.0608	185.439	11.2765	193.058	11.7399	35
40	24.5325	0.0408	282.547	11.5172	294.157	11.9905	40
45	36.5982	0.0273	427.416	11.6786	444.978	12.1585	45
50	54.5982	0.0183	643.535	11.7868	669.977	12.2711	50
55	81.4509	0.0123	965.947	11.8593	1005.64	12.3465	55
60	121.510	0.0082	1446.93	11.9079	1506.38	12.3971	60
65	181.272	0.0055	2164.47	11.9404	2253.40	12.4310	65
70	270.426	0.0037	3234.91	11.9623	3367.83	12.4538	70
75	403.429	0.0025	4831.83	11.9769	5030.36	12.4690	75
80	601.845	0.0017	7214.15	11.9867	7510.56	12.4792	80
85	897.847	0.0011	10768.1	11.9933	11210.6	12.4861	85
90	1339.43	0.0007	16070.1	11.9977	16730.4	12.4907	90
95	1998.20	0.0005	23979.7	12.0007	24964.9	12.4937	95
100	2980.96	0.0003	35779.3	12.0026	37249.5	12.4958	100

الجدول D-2: التركيب المستمر؛ $r = 10\%$

	تدفقات متقطعة				تدفقات مستمرة		
	دفعة واحدة		سلسلة منتظمة		سلسلة منتظمة		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد P بإعطاء $\bar{A}$	لإيجاد P بإعطاء $\bar{A}$	لإيجاد F بإعطاء $\bar{A}$	لإيجاد P بإعطاء $\bar{A}$	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	$F/\bar{A}$	$P/\bar{A}$	N
1	1.1052	0.9048	1.0000	0.9048	1.0517	0.9516	1
2	1.2214	0.8187	2.1052	1.7236	2.2140	1.8127	2
3	1.3499	0.7408	3.3266	2.4644	3.4986	2.5918	3
4	1.4918	0.6703	4.6764	3.1347	4.9182	3.2968	4
5	1.6487	0.6065	6.1683	3.7412	6.4872	3.9347	5
6	1.8221	0.5488	7.8170	4.2900	8.2212	4.5119	6
7	2.0138	0.4966	9.6391	4.7866	10.1375	5.0341	7
8	2.2255	0.4493	11.6528	5.2360	12.2554	5.5067	8
9	2.4596	0.4066	13.8784	5.6425	14.5960	5.9343	9
10	2.7183	0.3679	16.3380	6.0104	17.1828	6.3212	10
11	3.0042	0.3329	19.0563	6.3433	20.0417	6.6713	11
12	3.3201	0.3012	22.0604	6.6445	23.2012	6.9881	12
13	3.6693	0.2725	25.3806	6.9170	26.6930	7.2747	13
14	4.0552	0.2466	29.0499	7.1636	30.5520	7.5340	14
15	4.4817	0.2231	33.1051	7.3867	34.8169	7.7687	15
16	4.9530	0.2019	37.5867	7.5886	39.5303	7.9810	16
17	5.4739	0.1827	42.5398	7.7713	44.7395	8.1732	17
18	6.0496	0.1653	48.0137	7.9366	50.4965	8.3470	18
19	6.6859	0.1496	54.0634	8.0862	56.8589	8.5043	19
20	7.3891	0.1353	60.7493	8.2215	63.8906	8.6466	20
21	8.1662	0.1225	68.1383	8.3440	71.6617	8.7754	21
22	9.0250	0.1108	76.3045	8.4548	80.2501	8.8920	22
23	9.9742	0.1003	85.3295	8.5550	89.7418	8.9974	23
24	11.0232	0.0907	95.3037	8.6458	100.232	9.0928	24
25	12.1825	0.0821	106.327	8.7278	111.825	9.1791	25
26	13.4637	0.0743	118.509	8.8021	124.637	9.2573	26
27	14.8797	0.0672	131.973	8.8693	138.797	9.3279	27
28	16.4446	0.0608	146.853	8.9301	154.446	9.3919	28
29	18.1741	0.0550	163.298	8.9852	171.741	9.4498	29
30	20.0855	0.0498	181.472	9.0349	190.855	9.5021	30
35	33.1155	0.0302	305.364	9.2212	321.154	9.6980	35
40	54.5981	0.0183	509.629	9.3342	535.982	9.8168	40
45	90.0171	0.0111	846.404	9.4027	890.171	9.8889	45
50	148.413	0.0067	1401.65	9.4443	1474.13	9.9326	50
55	244.692	0.0041	2317.10	9.4695	2436.92	9.9591	55
60	403.429	0.0025	3826.43	9.4848	4024.29	9.9752	60
65	665.142	0.0015	6314.88	9.4940	6641.42	9.9850	65
70	1096.63	0.0009	10417.6	9.4997	10956.3	9.9909	70
75	1808.04	0.0006	17182.0	9.5031	18070.7	9.9945	75
80	2980.96	0.0003	28334.4	9.5051	29799.6	9.9966	80
85	4914.77	0.0002	46721.7	9.5064	49137.7	9.9980	85
90	8103.08	0.0001	77037.3	9.5072	81020.8	9.9988	90
95	13359.7	a	127019.0	9.5076	133587.0	9.9993	95
100	22026.5	a	209425.0	9.5079	220255.0	9.9995	100

[a] أقل من 0.0001

الجدول D-3: التركيب المستمر؛ $r = 20\%$

	تدفقات متقطعة				تدفقات مستمرة		
	دفعة واحدة		سلسلة منتظمة		سلسلة منتظمة		
	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة الحالية	عامل القيمة المركبة	
	لإيجاد F بإعطاء P	لإيجاد P بإعطاء F	لإيجاد F بإعطاء $\bar{A}$	لإيجاد P بإعطاء A	لإيجاد F بإعطاء $\bar{A}$	لإيجاد F بإعطاء A	
N	F/P	P/F	F/A	P/A	$F/\bar{A}$	$P/\bar{A}$	N
1	1.2214	0.8187	1.0000	0.8187	1.1070	0.9063	1
2	1.4918	0.6703	2.2214	1.4891	2.4591	1.6484	2
3	1.8221	0.5488	3.7132	2.0379	4.1106	2.2559	3
4	2.2255	0.4493	5.5353	2.4872	6.1277	2.7534	4
5	2.7183	0.3679	7.7609	2.8551	8.5914	3.1606	5
6	3.3201	0.3012	10.4792	3.1563	11.6006	3.4940	6
7	4.0552	0.2466	13.7993	3.4029	15.2760	3.7670	7
8	4.9530	0.2019	17.8545	3.6048	19.7652	3.9905	8
9	6.0496	0.1653	22.8075	3.7701	25.2482	4.1735	9
10	7.3891	0.1353	28.8572	3.9054	31.9453	4.3233	10
11	9.0250	0.1108	36.2462	4.0162	40.1251	4.4460	11
12	11.0232	0.0907	45.2712	4.1069	50.1159	4.5464	12
13	13.4637	0.0743	56.2944	4.1812	62.3187	4.6286	13
14	16.4446	0.0608	69.7581	4.2420	77.2232	4.6959	14
15	20.0855	0.0498	86.2028	4.2918	95.4277	4.7511	15
16	24.5325	0.0408	106.288	4.3325	117.633	4.7962	16
17	29.9641	0.0334	130.821	4.3659	144.820	4.8331	17
18	36.5982	0.0273	160.785	4.3932	177.991	4.8634	18
19	44.7012	0.0224	197.383	4.4156	218.506	4.8881	19
20	54.5981	0.0183	242.084	4.4339	267.991	4.9084	20
21	66.6863	0.0150	296.682	4.4489	328.432	4.9250	21
22	81.4509	0.0123	363.369	4.4612	402.254	4.9386	22
23	99.4843	0.0101	444.820	4.4713	492.422	4.9497	23
24	121.510	0.0082	544.304	4.4795	602.552	4.9589	24
25	148.413	0.0067	665.814	4.4862	737.066	4.9663	25
26	181.272	0.0055	814.227	4.4917	901.361	4.9724	26
27	221.406	0.0045	995.500	4.4963	1102.03	4.9774	27
28	270.426	0.0037	1216.91	4.5000	1347.13	4.9815	28
29	330.299	0.0030	1487.33	4.5030	1646.50	4.9849	29
30	403.429	0.0025	1817.63	4.5055	2012.14	4.9876	30
35	1096.63	0.0009	4948.60	4.5125	5478.17	4.9954	35
40	2980.96	0.0003	13459.4	4.5151	14899.8	4.9983	40
45	8103.08	0.0001	36594.3	4.5161	40510.4	4.9994	45
50	22026.5	a	99481.4	4.5165	110127.0	4.9998	50
55	59874.1	a	270426.0	4.5166	299366.0	4.9999	55
60	162755.0	a	735103.0	4.5166	813769.0	5.0000	60

a أقل من 0.0001

التوزيع الطبيعي النظامي (المعياري)

تابع التوزيع الطبيعي المعياري يراكم تابع الكثافة الاحتمالي من ناقص لانهاية إلى القيمة المعيارية المطلوبة $Z = (X - \mu)/\sigma$، ويمكن للقارئ المهتم الرجوع إلى أي من المراجع التمهيدية في الإحصاء للحصول على مناقشة أعمق لاستخدام تابع التوزيع لمعياري الطبيعي الموضح في الصفحة 555 في الكتاب الأساسي.



الجدول E-1: المساحة تحت المنحنـــي الطبيعي [a]

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
−3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
−3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
−3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
−3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007
−3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
−2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
−2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
−2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
−2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
−2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
−2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
−2.3	0.0107	0.0104	0.0103	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
−2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
−2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
−2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0118	0.0183
−1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
−1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
−1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
−1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
−1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
−1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0722	0.0708	0.0694	0.0681
−1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
−1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
−1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
−1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
−0.9	0.1841	0.1841	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
−0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
−0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
−0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
−0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
−0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
−0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
−0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
−0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
−0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

[a] نقلاً عن:

R. E. Walpole and R. H. Myers, *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, 2nd ed. (New York: Macmillan, 1978), p. 513

(*continued*)



تابع الجدول E-1: المساحة تحت المنحني الطبيعي

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998



مراجع مختارة

American Telephone and Telegraph Company, Engineering Department. *Engineering Economy*, 3rd ed. (New York: American Telephone and Telegraph Co., 1977).
شركة التلفون والتلجراف الأمريكية القسم الهندسي. الاقتصاد الهندسي.

Au, T., and T. P. Au. *Engineering Economics for Capital Investment Analysis*, 2nd ed. (Boston: Allyn and Bacon, 1992).
الاقتصاديات الهندسية لتحليل الاستثمار الرأسمالي.

Barish, N. N., and S. Kaplan. *Economic Analysis for Engineering and Managerial Decision Making* (New York: McGraw-Hill 1978).
التحليل الاقتصادي لصنع القرار الهندسي والإداري.

Bierman, H., Jr., and S. Smidt. *The Capital Budgeting Decision*, 8th ed. (New York: Macmillan, 1993).
قرار موازنة رأس المال.

Blank, L. T., and A. J. Tarquin. *Engineering Economy*, 5th ed. (New York: McGraw-Hill, 2001).
الاقتصاد الهندسي.

Brimson, J. A. *Activity Accounting: An Activity-Based Approach* (New York: John Wiley & Sons, 1991).
محاسبة العملية: الطريقة المستندة إلى العملية.

Bussey, L. E. and T. G. Eschenbach. *The Economic Analysis of Industrial Projects*, 2nd ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1992).
التحليل الاقتصادي للمشروعات الصناعية.

Campen, J. T. *Benefit, Cost, and Beyond* (Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company, 1986).
المنفعة والتكلفة وما يحيط بهما.

Canada, J. R., and W. G. Sullivan. *Economic and Multiattribute Analysis of Advanced Manufacturing Systems* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1989).
التحليل الاقتصادي والمتعدد الخصائص لنظم التصنيع المتقدمة.

Canada, J. R., W. G. Sullivan, and J. A. White. *Capital Investment Decision Analysis for Engineering and Management* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996).
تحليل قرار الاستثمار الهندسي للهندسة والإدارة.

Clark, J. J., T. J. Hindelang, and R. E. Pritchard. *Capital Budgeting: Planning and Control of Capital Expenditures* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1979).

موازنة رأس المال: تخطيط ومراقبة النفقات الرأسمالية.

Cochrane, J. L., and M. Zeleny. *Multiple Criteria Decision Making* (Columbia, SC: University of South Carolina, 1973).

صنع القرار المتعدد المعايير.

Collier, C. A., and W. B. Ledbetter. *Engineering Cost Analysis*, 2nd ed. (New York: Harper & Row, 1987).

تحليل التكلفة الهندسية.

DeLaMare, R. F. *Manufacturing Systems Economics* (East Sussex, England: Holt Reinhart & Winston, 1982).

اقتصاديات نظم التصنيع.

Engineering Economist, The. A quarterly journal jointly published by the Engineering Economy Division of the American Society for Engineering Education and the Institute of Industrial Engineers. Published by IIE, Norcross, GA.

الاقتصادي الهندسي. دورية فصلية تصدر من قسم الاقتصاد الهندسي في الجمعية الأمريكية للتعليم الهندسي والمهندسين الصناعيين.

Engineering News-Record. Published monthly by McGraw-Hill, New York.

سجلات الأخبار الهندسية. تصدر شهرياً [1].

English, J. M., ed. *Cost Effectiveness: Economic Evaluation of Engineering Systems* (New York: John Wiley & Sons, 1968).

فعالية التكلفة: التقييم الاقتصادي للنظم الهندسية.

Eschenbach, T. G. *Engineering Economy: Applying Theory and Practice* (Chicago: Richard D. Irwin, 1995).

الاقتصاد الهندسي: النظرية التطبيقية والخبرة العملية.

Fabrycky, W. J., G. J. Thuessen, and D. Verma. *Economic Decision Analysis*, 3rd ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998).

تحليل القرار الاقتصادي.

Fleischer, G. A. *Introduction to Engineering Economy* (Boston: PWS Publishing Company, 1994).

مدخل إلى الاقتصاد الهندسي.

Fleischer, G. A. *Risk and Uncertainty: Non-Deterministic Decision Making in Engineering Economy* (Norcross, GA: Institute of Industrial Engineers, Publication EE-75-1, 1975).

[1] ورد بأنها شهرياً، وفي الحقيقة فإن هذه المجلة تصدر أسبوعياً (المترجم).

المخاطرة وعدم التأكد: صنع القرار غير المقرر في الاقتصاد الهندسي.

Goicoechea, A., D. R. Hansen, and L. Duckstein. *Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications* (New York: John Wiley & Sons, 1982).

تحليل القرار المتعدد الأهداف مع التطبيقات في الهندسة والأعمال.

Grant, E. L., W. G. Ireson, and R. S. Leavenworth. *Principles of Engineering Economy*, 8th ed. (New York: John Wiley & Sons, 1990).

مبادئ الاقتصاد الهندسي.

Happel, J., and D. Jordan. *Chemical Process Economics*, 2nd ed. (New York: Marcel Dekker, 1975).

اقتصاديات العملية الكيميائية.

Hull, J. C. *The Evaluation of Risk in Business Investment* (New York: Pergamon Press, 1980).

تقييم المخاطرة في استثمار الأعمال.

Industrial Engineering. A monthly magazine published by the Institute of Industrial Engineers, Norcross, GA.

الهندسة الصناعية. مجلة شهرية يصدرها معهد المهندسين الصناعيين.

Internal Revenue Service Publication 534. *Depreciation*. U. S. Government Printing Office, revised periodically.

المطبوعة 534 لخدمات الدخل الداخلية. الاهتلاك. مكتب مطبوعات الحكومة الأمريكية، يراجع دورياً.

Jelen, F. C., and J. H. Black. *Cost and Optimization Engineering*, 3rd ed. (New York: McGraw-Hill, 1991).

هندسة التكلفة والحل الأمثل.

Jones, B. W. *Inflation in Engineering Economic Analysis* (New York: John Wiley & Sons, 1982).

التضخم في تحليل الاقتصاد الهندسي.

Kahl, A. L., and W. F. Rentz. *Spreadsheet Applications in Engineering Economics* (St. Paul, MN West Publishing Company, 1992).

تطبيقات الجداول الإلكترونية في الاقتصاديات الهندسية.

Kaplan, R. S., and R. Cooper. *The Design of Cost Management Systems* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999).

تصميم نظم إدارة التكلفة.

Keeny, R. L., and H. Raiffa. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs* (New York: John Wiley & Sons, 1976).

القرارات ذات الأهداف المتعددة: التفضيلات ومبادلات القيمة.

Kleinfeld, Ira H. *Engineering and Managerial Economics* (New York: Holt, Rinehart & Winston, 1986).

الاقتصاديات الهندسية والإدارية.

Lasser, J. K. *Your Income Tax* [New York: Simon & Schuster (see latest edition)].

ضريبة دخلك.

Machinery and Allied Products Institute. *MAPI Replacement Manual*. Washington, DC: Machinery and Allied Products Institute, 1950.

معهد الآلات والمنتجات التطبيقية. دليل استبدال مابـــي.

Mallik, A. K. *Engineering Economy with Computer Applications* (Mahomet, IL: Engineering Technology, 1979).

الاقتصاد الهندسي مع التطبيقات على الكمبيوتر.

Mao, J. *Quantitative Analysis of Financial Decisions* (New York: Macmillan, 1969).

التحليل الكمي لقرارات التمويل.

Matthews, L. M. *Estimating Manufacturing Costs: A Practical Guide for Managers and Estimators* (New York: McGraw-Hill, 1983).

تقدير تكاليف التصنيع: الدليل العملي للمديرين والمقدرين.

Mayer, R. R. *Capital Expenditure Analysis for Managers and Engineers* (Prospect Heights, IL: Waveland Press, 1978).

تحليل المصروفات للمديرين والمهندسين.

Merrett, A. J., and A. Sykes. *The Finance and Analysis of Capital Projects* (New York: John Wiley & Sons, 1963).

تمويل وتحليل المشروعات الرأسمالية.

Mishan, E. J. *Cost-Benefit Analysis* (New York: Praeger Publishers, 1976).

تحليل التكلفة – المنفعة.

Morris, W. T. *Decision Analysis* (Columbus, OH: Grid, 1977).

تحليل القرار.

Morris, W. T. *Engineering Economic Analysis* (Reston, VA: Reston publishing, 1976).

تحليل الاقتصاد الهندسي.

Newman, D. G., J. P. Lavelle, and T. G. Eschenbach. *Engineering Economic Analysis*, 8th ed. (San Jose, CA: Engineering Press, 2001).

تحليل الاقتصاد الهندسي.

Oakford, R. V. *Capital Budgeting : A Quantitative Evaluation of Investment Alternatives* (New York: John Wiley & Sons, 1970).

التقييم الكمي لبدائل الاستثمار.

Ostwald, P. F. *Cost Estimating for Engineering and Management*, 3rd ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1992).

تقدير التكلفة للهندسة والإدارة.

Park, C. S. *Contemporary Engineering Economics* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002).
الاقتصاديات الهندسية المعاصرة.

Park, C. S., and G. P. Sharp-Bette. *Advanced Engineering Economics* (New York: John Wiley & Sons, 1990).
الاقتصاديات الهندسية المتقدمة.

Park, W. R., and D. E. Jackson. *Cost Engineering Analysis: A Guide to Economic Evaluation of Engineering Projects*, 2nd ed. (New York: John Wiley & Sons, 1984).
تحليل هندسة التكاليف: دليل التقييم الاقتصادي للمشروعات الهندسية.

Peters, M. S., and K. D. Timmerhaus. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed. (New York: McGraw-Hill, 1991).
تصميم واقتصاديات المصانع للمهندسين الكيميائيين.

Porter, M. E. *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors* (New York: The Free Press, 1980).
استراتيجية التنافس: تقنيات تحليل الصناعات والمنافسين.

Riggs, J. L., D. D. Bedworth, and S. V. Randhawa. *Engineering Economics*, 4th ed. (New York: McGraw-Hill, 1996).
الاقتصاديات الهندسية.

Rose, L. M. *Engineering Investment Decisions: Planning Under Uncertainty* (Amsterdam: Elsevier, 1976).
قرارات الاستثمار الهندسي: التخطيط ضمن عدم التأكد.

Smith, G. W. *Engineering Economy: The Analysis of Capital Expenditures*, 4th ed. (Ames, IO: Iowa State University Press, 1987).
الاقتصاد الهندسي: تحليل النفقات الرأسمالية.

Steiner, H. M. *Engineering Economic Principles* (New York: McGraw-Hill, 1992).
مبادئ الاقتصاد الهندسي.

Stermole, F. J., and J. M. Stermole. *Economic Evaluation and Investment Decision Methods*, 6th ed. (Golden, CO: Investment Evaluations Corp., 1987).
طرائق التقييم الاقتصادي والقرار الاستثماري.

Stewart, R. D. *Cost Estimating* (New York: John Wiley & Sons, 1982).
تقدير التكلفة.

Stewart, R. D., and R. M. Wyskida, eds. *Cost Estimators' Reference Manual* (New York: John Wiley & Sons, 1987).
الدليل المرجعي لمقدري التكلفة.

Sullivan, W. G., and W. W. Claycombe. *Fundamentals of Forecasting* (Reston, VA: Reston Publishing, 1977).

أساسيات التنبؤ.

Taylor, G. A. *Managerial and Engineering Economy*, 3rd ed. (New York: Van Nostrand Reinhold, 1980).

الاقتصاد الهندسي والإداري.

Terborgh, G. *Business Investment Management* (Washington, DC: Machinery and Allied Products Institute, 1967).

إدارة استثمار الأعمال.

Thuesen, G. J., and W. J. Fabrycky. *Engineering Economy*. 9th ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001).

الاقتصاد الهندسي.

VanHorne, J. C. *Financial Management and Policy*, 8th ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1989).

الإدارة والسياسة المالية.

Weingartner, H. M. *Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting Problems* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1975).

البرمجة الرياضية وتحليل مسائل موازنة رأس المال.

Wellington, A. M. *The Economic Theory of Railway Location* (New York: John Wiley & Sons, 1887).

النظرية الاقتصادية لتحديد مواقع خطوط السكك الحديدية.

White, J. A., K. E. Case, D. B. Pratt, and M. H. Agee. *Principles of Engineering Economic Analysis*, 4th ed. (New York: John Wiley & Sons, 1998).

مبادئ تحليل الاقتصاد الهندسي.

Woods, D. R. *Financial Decision Making in the Process Industry* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1975).

صنع قرار التمويل في صناعة المعالجة.

Zeleny, M. *Multiple Criteria Decision making* (New York: McGraw-Hill, 1982).

صنع القرار المتعدد المعايير.

أجوبة المسائل

الفصل 2

6.2 أ. $D^* = 4,425$ لوحة دارات/الشهر

ب. الربح الأعظمي = $75,612.50$ في الشهر

ج. $D'_1 = 480.6 \approx 481$ لوحة دارات/الشهر

د. $D'_2 = 4,369.4 \approx 4,369$ لوحة دارات/الشهر

هـ. مجال الطلب المربح هو من 841 حتى 4,369 لوحة دارات في الشهر

7.2 أ. $D^* = 227.27$ وحدة في الشهر

ب. $\frac{d^2(\text{Profit})}{dD^2} = -4.4 < 0$ ؛ أكبر قيمة للربح

8.2 $D^* = 240$ وحدة في الشهر؛ الربح الأعظمي = $4,960$ في الشهر

$D'_1 = 17.3$ أو 18 وحدة في الشهر؛

$D'_2 = 462.7$ أو 462 وحدة في الشهر

9.2 أ. مع أن $D^* = 300$ وحدة في الشهر هو الطلب الأمثل، فإن الشركة ستتحمل خسارة عند هذا الحجم للإنتاج. ويجب عدم إنتاج المنتج الجديد.

10.2 أ. $D^* = 4,685$ وحدة في الشهر؛ والربح الأعظمي = $197,461.25$ في الشهر

ب. $D'_1 = 2,698$ وحدة في الشهر

$D'_2 = 6,672$ وحدة في الشهر

مجال الطلب المربح من 2,698 وحدة وحتى 6,672 وحدة في الشهر

11.2 أ. $D^* = 200$ وحدة في الشهر

$\frac{d^2(\text{Profit/Loss})}{dD^2} = -0.4 < 0$ ؛ لذا فإن D^* هو أعظمي

ب. الربح الأعظمي = 7000 في الشهر

ج. المجال المربح هو من $D = 13$ إلى 387 وحدة في الشهر

12.2 أ. $D^* = 10$ وحدات

ب. $\frac{d^2TP}{dD^2} = -60; \text{at } D = D^*, \frac{d^2TP}{dD^2} = -60 < 0$ ؛ أكبر قيمة للربح

ج. $D = 15$ وحدة

13.2 أ. موقع النفايات الصلبة يجب أن يكون في الموقع B.

ب. $X = 15.64$ ميجا واط؛ $\frac{d^2\text{Profit}}{dX^2} = -0.94 < 0$ ؛ والربح أعظمي

14.2 $D' = 3,112$ مضخة في الشهر؛ وتحدث نقطة التعادل عند تخفيض نسبة 22.75%

15.2 أ. من المخطط، $D' = \$8,400,000$ في السنة

ب. تُقلّل D' بنسبة 12%

ج. $D' = \$8,400,000$ في السنة، ومن ثَم فلا تغيير

16.2 أ. $D^* = 50$ وحدة في الشهر

ب. $\frac{d^2(\text{Profit})}{dD^2} = \frac{-10,000}{D^3} < 0 \text{ for } D > 1$ ؛ والربح أعظمي

17.2 أ. $D^* = 2$ وحدة في الأسبوع $\frac{d^2(\text{Profit})}{dD^2} = -90 < 0$ ، ومن ثم فالربح أعظمي

ب. الربح الكلي = $180 في الأسبوع

18.2 أ. $D' = 40,000$ وحدة في السنة

ب. الربح (90% من الطاقة) = $2,500,000 في السنة

ج. الربح (100% من الطاقة) = $2,800,000 في السنة

19.2 أ. $X^* = 0.0305$ متر

ب. $\frac{d^2(\text{TAC})}{dX^2} = \frac{3.6}{X^{5/2}} > 0, \text{for } X > 0$ ؛ وتكون X^*

ج. تكلفة العزل الإضافي (التكلفة المتغيرة مباشرة) تجري مبادلتها بقيمة التخفيض في الحرارة الضائعة (التكلفة المتغيرة بصفة غير مباشرة)

20.2 جنـــي المحصول في 2.5 أسبوع للحصول على أعلى عائد = $6,125

21.2 أ. 500 قالب في الساعة

ب. يتغير التفضيل من 500 قالب في الساعة إلى 100 قالب في الساعة في حال 42% زيادة في التكاليف الساعية الكلية للإنتاج

22.2 السرعة = 10.25 ميل في الساعة

23.2 $v^* = 44.7$ mph

24.2 أ. نختار الآلة B ($5.32 للجزء)

ب. نختار الآلة A ($3.09 للجزء)

25.2 أ. السرعة B (تكلفة القطعة = $0.104 للقطعة)

ب. مصروف الأدوات والتشغيل الإضافي يُبادَل بالناتج الإضافي (الإنتاج)

26.2 اختر أداة الفولاذ للحصول على أقل تكلفة إجمالية بالقطعة ($0.71 للقطعة)

27.2 السرعة C (تكلفة القطعة = $0.0195 للقطعة)

28.2 أ. شراء البند (التكلفة = $8.50 للبند)

ب. تصنيع البند (التكلفة = $8.65 للبند)

29.2 ينبغي اختيار خليط النحاس الأصفر- النحاس Brass-Copper لكسب $28.25 خلال دورة العمر لكل مشع

30.2 أ. اختيار العملية 1 للحصول على أكبر ربح (الربح = $4,640 في اليوم)

ب. زيادة الإنتاج للعملية 1 يُبادَل بزيادة وقت تغيير الأداة (وقت الإقلاع)، والتوازن يحبذ العملية 1 على العملية 2

31.2 أ. كل من الآلتين ستنتج الوحدات الـ 30,000 غير المتضررة كل 3 أشهر

ب. اختيار الآلة A (تكلفة الوحدة غير المتضررة = $6.46 للوحدة)

32.2 أ. اختيار التصميم B (التكلفة = $0.333 للوحدة)

ب. الاقتصاد في التصميم B زيادة على التصميم A يساوي $0.04065 في الوحدة

33.2 تعتمد الإجابة على الفرضيات الموضوعة

34.2 أ. المخرطة: $200 لكل 40 وحدة؛ الآلة A-S: $97 لكل 40 وحدة

35.2 اختر الطريقة 1 (الربح = $10,974,000)

36.2 اختر الطريقة B (الربح في الأونسة = $76.50)

37.2 (أ) خطأ؛ (ب) خطأ؛ (ج) صح؛ (د) صح؛ (ه) صح؛(و) خطأ؛ (ز) صح؛ (ح) صح؛(ط) خطأ؛ (ي) صح؛ (ك) صح؛ (ل) خطأ؛(م) صح؛ (ن) خطأ؛ (س) صح؛ (ع) صح؛ (ف) خطأ

38.2 أ. $\lambda^* = (C_1/C_R t)^{1/2}$

ب. $\frac{d^2C}{d\lambda^2} = \frac{2C_1}{\lambda^3}$ for $\lambda > 0$ تكلفة دورة عمر أصغرية

ج. تكلفة الاستثمار مقابل تكاليف الإصلاح الكلية

39.2 اختر العملية 1 (الربح = $2,640.00 في اليوم)

40.2 (أ) X = 2,500 miles (ب) X = 1,100 miles (ج) هناك نقطتا تعادل

الفصل 3

1.3 $\underline{I}$ = $4,250

2.3 $\underline{I}$ = $7,560

3.3 اختر c

4.3 $200 (في السنوات 1-4)؛ $100 (في السنوات 5-8)؛ مجموع الفائدة المدفوعة = $1,200

5.3 مجموع الفائدة المدفوعة = $1,823.07. والفرق البالغ $623.07 ينتج عن التركيب.

6.3 أ. مجموع الفائدة المدفوعة = $2,400

ب. الدفعة الأصلية في السنة 3 = $2,070.60؛ مجموع الفائدة المدفوعة = $1,660.60

7.3 أ. P_1 = $3,141؛ P_3 = $3,529.54

ب. المبلغ المخصص للسداد في بداية السنة 3 = $3,529.54

ج. المبلغ أقل بسبب سداد قسم من المبلغ الأصلي كل سنة

8.3 A = \$2,925

9.3 A = \$497

10.3 F = \$3,215.40

11.3 A = \$5,548

12.3 الفائدة الكلية = \$7,200؛ الفائدة الكلية المدفوعة في المسألة 11.3 = \$7,740

13.3 A = \$184

14.3 i = 14%

15.3 ب. F_7 = \$1,754,102.16 (الفقرة 8.3)؛ F_7 = \$1,516,600 (الفقرة 14.3)؛ الفرق في قيم F_7 ناجم عن تدوير قيم عامل الفائدة

17.3 A = \$3,397.50

18.3 P = \$73,748.40

19.3 $P \leq$ \$3,280.16

20.3 A = \$4,417

21.3 F_4 = \$124,966

22.3 أ. N ≈ 8 years ب. i = 15.11%

ج. P = \$720.96 د. A = \$277.40

23.3 قاعدة 72، $N \approx 7.2$ سنة؛ الحل الدقيق، $N = 7.2725$ سنة

24.3 ج. $P_0 = 8.3333\,A$

25.3 I = \$1,477.50؛ II = \$342.78؛ III = \$110.25؛ IV = \$783.63؛ V = \$1,000

26.3 F_4 = \$13,490، اختر D

27.3 A = \$55.74

28.3 N = 49 سنة

29.3 أ. N ≈ 5 سنوات

ب. P_2 = \$656.04

30.3 A = -\$681.86

31.3 i = 4.94% في السنة

32.3 P = \$33,511.70

33.3 i ≈ 7% في السنة

34.3 P_0 = \$14,171.62

35.3 Z = \$3,848.15

36.3 $F_{12} = \$3,269.12$

37.3 $A_2 = \$189.68$

38.3 $A_1 = \$1993.67$؛ $A_2 = \$1543.50$

39.3 $i' / \text{year} = 11.55\%$ في السنة

40.3 $P_0 = \$433.28$

41.3 $F_5 = \$664.99$

42.3 $W = \$714.25$

43.3 $Z = \$63.09$

44.3 $A = \$1,417.16$

45.3 $P_0 = -\$165.104$

46.3 $F_{12} = \$8,198.11$

47.3 $N = 11$ سنة

48.3 $P_0 = \$471.20$؛ $A = \$90.52$

49.3 $A = \$1,203.69$

50.3 P_0 (rental income) $= \$8,288.56 > \$8,000 = P_0$ (investment)، الإيجار أكبر من الاستثمار لذلك من المفضل الاستثمار

51.3 $Z = \$608.21$

52.3 $Z = \$1,256.05$

53.3 أ. $i = 7.86\%$

ب. $N = 6.1$ مدة؛ إذا كان من المرغوب به قيم صحيحة لـــ N، نختار $N = 7$ مدد.

ج. $F = \$93,841.30$

د. $G = \$466.34$

54.3 $P_0 = \$820.12$

55.3 $K = \$1,034.25$

56.3 $P_0 = \$100\ (P/A, 10\%, 4) + \$100(P/G, 10\%, 8)$

57.3 $F = \$3,500.14$

58.3 $A = \$124.34$

59.3 $A = \$437.14$

60.3 $A = \$593.10$

61.3 $P_0 = \$24,678.64$؛ ينبغي أن يكون التزويد بالعزل

62.3 $Q = \$435.75$

63.3 $N = 8$ سنوات

64.3 $B = \$13,370.26$

65.3 $P_0 = \$721,285$

66.3 $P_0 = \$4,672.61$

67. 3 $A = \$2,790.83$

68.3 أ. $P_0 = \$61,217.76$

ب. $A = \$12,323.13$

ج. $A_0 = \$9,345.79$

69.3 $P_0 = \$9,191.97$

70.3 $P_0 = \$23,853.74$

71.3 $5,573.90

72.3 أ. $i_{CR} = 2\%$ في السنة

ب. $P_0 = \$36,204.86$

ج. $P_0 = \$29,896 + 34.22\ G$

د. $G = \$184.36$

74.3 $F = \$28,226.38$

75.3 أ. $i = 10.25\%$

ب. $i = 10.38\%$

ج. $i = 10.51\%$

76.3 $A = \$1,430$؛ اختر D

77.3 أ. $A = \$249.99$

ب. $A = \$22,742.33$

78.3 أ. $A = \$1,690.00$ في الشهر؛ $i/\text{year} = 6.17\%$

ب. $i/\text{qtr} = 15.1\%$ كل ربع سنة

79.3 $P_0 = \$10,847.43$

80.3 $P_0 = \$4,729.87$

81.3 أ. $P = \$91,276.00$

ب. $P = \$93,820.50$

ج. $P = \$93,363.50$

82.3 $F = \$24,465$

83.3 $N = 30$ شهراً

84.3 $F = \$1,402.63$

85.3 $N \approx 70$ شهراً

86.3 $P_0 = \$14,579$؛ اختر C

87.3 أ. i/year = 8.24%؛ $F = \$6,340.50$

ب. i/6 months = 4.04%؛ $F = \$2,655.84$

88.3 $P_0 = \$11,359$

89.3 $P_0 = \$1,824.21$

90.3 $A = \$312$؛ اختر C

91.3 $r = 17.56\%$

92.3 $A = 557.25$

93.3 $F = \$17,303.19$

94.3 $P_0 = \$4,653.33$

95.3 $F_4 = \$11,109.06$

96.3 أ. خطأ ب. خطأ ج. خطأ د. صح هـ. خطأ و. صح ز. خطأ ح. خطأ ط. خطأ

97.3 أ. $A = \$543.67$

ب. $P = \$7,409.40$

ج. $F = \$3,668.30$

د. $F = \$2,054.40$

98.3 $Z = \$1,421.67$

99.3 $F_{18} = \$42,207$

100.3 $P_0 = \$767.43$

101.3 $r = 8.35\%$

102.3 $A = \$1,320.66$

103.3 أ. $P = \$13,094.20$

ب. $r = 9.19\%$

104.3 أ. $F = \$362.944$

ب. $A = \$60,386$

105.3 أ. $F = \$526.217$

ب. r = 10%، $F = \$133,965$

ج. $N = 16.38$ (أو 17 سنة)

106.3 $N = 5$ سنوات

107.3 أ. $P = \$3,296,800$

ب. $P = \$40,260.60$

ج. $r = 20\%/\text{year} = 5\%/\text{quarter}$؛ $P = \$7,408$

108.3 الفرق = $1,269.00

109.3 أ. صح

ب. صح

ج. خطأ

د. خطأ

هـ. خطأ

و. (i) (F/P,i%,N) (ii) (P/G,i%,N)

الفصل 4

1.4 لا. القيمة العليا لمعدل العائد المقبول الأدنى MARR تخفض القيمة الحالية للتدفقات النقدية المستقبلية الداخلة الناجمة عن التخفيضات في تكاليف التشغيل السنوية. الاستثمار الأولي (في الزمن 0) لا يتأثر، لذا فإن قيم MARR المرتفعة تخفض السعر الذي ينبغي أن تكون الشركة راغبة في دفعه لهذه المعدة.

2.4 أ. $PW = \$82,082.78 > 0$؛ والاقتراح مقبول

ب. $IRR = 15.48\% > \%12$؛ والاقتراح مقبول

ج. مدة الاسترداد البسيطة = 5 سنوات

3.4 أ. $PW = -\$13,423.57$

ب. $CR = \$1,828$ (نفسه للمعادلات الثلاثة)

4.4 أ. $PW = \$2,911.60$؛ $FW = \$5,855.60$؛ $AW = \$868.70$

ب. $IRR = 27.2\%$، نعم، ولما كان $IRR > MARR$، فإن المشروع مقبول

ج. $ERR = 21\%$

5.4 شراء المزرعة ($PW = \$1,185.80 > 0$)

6.4 $PW = \$3,526.50 > 0$؛ يجب على الشركة أن تستثمر في خط الإنتاج الجديد

7.4 ب. $V_N = \$750.77$

8.4 $P_0 = \$6,693.37$

9.4 $i/\text{year} = 10.88\%$

10.4 أ. $V_N = \$7,688.96$

ب. $A = \$150,892.90$

11.4 $C = \$702.21$

12.4 $i = 7.5\%$ كل ستة أشهر

13.4 $N \approx 24$ شهراً

14.4 PW = \$5,671.40

15.4 A = \$4,490 في السنة

16.4 I = الاستثمار رأس المال = \$25,058.39

17.4 A = \$3,102.45

18.4 FW = \$14,580.72 ≥ 0، يُنصَح بالعملية R

AW = \$620 ≥ 0، يُنصَح بالعملية R

19.4 AW = -\$577,81 < 0؛ استثمار غير جيد

20.4 مبالغ تغطية رأس المال:

السنة 1 = \$250، السنة 2 = \$240، السنة 3 = \$230، السنة 4 = \$120

21.4 أ. عندما $i \rightarrow \infty$ تقترب القيمة الحالية PW من \$3,000-

ب. $\theta' = 6$ سنوات

ج. PW(0%) = -\$1,000؛ AW(%0) = -\$166.70

22.4 التكلفة الكلية للوحدة = \$4.32 للوحدة؛ سعر البيع للوحدة = \$5.18 للوحدة

23.4 APR = 22.8% تركب شهرياً

24.4 ب. i/year = 22.4% في السنة

25.4 i = 40.9% سنوياً

26.4 i = 51.1% سنوياً

27.4 $i' \approx 14.7\%$، وعليك البدء في برنامج الادخار الشخصي في أقرب وقت ممكن لأن التأخير يتطلب معدلاً أعلى للعائد أو زيادة المبالغ السنوية أو كليهما لتحقيق الأهداف الموضوعة

28.4 i/year = 26.7% سنوياً

29.4 X = \$19,778

30.4 IRR = 21.5% > MARR؛ ويظهر أن خط الإنتاج مربح

31.4 أ. %15.2

ب. %18.8

ج. %21.5

د. %20

32.4 أ. IRR = 14.1%

ب. IRR = 0%

ج. i/year = 20% في السنة

33.4 i'% = 12.3% سنوياً

36.4 $i = 8.6\%$ سنوياً

37.4 أ. IRR = 10%

ب. FW(12%) = -$27,070.25

ج. ERR = 10.74%

39.4 $i = 1.24\%$ سنوياً

40.4 PW = $630.43 ≥ 0، والمشروع مقبول

FW = $1,677.14 ≥ 0، والمشروع مقبول

AW = $151.56 ≥ 0، والمشروع مقبول

IRR = 24.9% ≥ %15، والمشروع مقبول

مدة الاسترداد البسيطة = 4 سنوات = θ < 5 سنوات، والمشروع مقبول

مدة الاسترداد المخصومة = 6 سنوات = $\theta' \geq 6$ سنوات، والمشروع مقبول

ERR = %20.9 ≥ %15، والمشروع مقبول

41.4 أ. $\theta' = 6$ سنوات

ب. $i'\% = \%29.4$ سنوياً.

42.4 أ.

N سنة	P (= السعر المقدم)
5	$328,403.80
6	$373,572.20
7	$413,908.10
8	$449,911.30
9	$482,062.20
10	$510,772.00

ب. $\theta' \approx 4$ سنوات

43.4 أ. PW(15%) = $185.95 ≥ 0؛ مربح مالياً

ب. $\theta = 5$ سنوات

ج. $\theta' = 5$ سنوات

44.4 أ. IRR = 24.7% > MARR، والمشروع مربح

ب. $\theta = 4$ سنوات < 3 سنوات؛ والمشروع غير مقبول

45.4 IRR = 4.9% و31.2% في السنة

ERR = 7.6% في السنة

46.4 ب. ERR = 25.9%

47.4 أ. $i'\% = 1/2\%$ و %28.8 في السنة

ب. ERR > 20%؛ المشروع مقبول

48.4 أ. في الحالات الثلاث جميعها، IRR = 15.3%؛ وهذا صحيح لكل من نهاية السنة 0 ونهاية السنة 4 كنقاط زمنية مرجعية

ب. اختر الحالة الثالثة للحصول على أكبر قيمة لـ PW(10%)؛ أما PW(IRR = 15.3%) فستكون صفراً للحالات الثلاثة جميعها

49.4 أ. $N \approx 348$ شهراً (العمر الماضي 62)، وغالباً ما يكون عليه أن يبدأ بسحب دفعات التأمينات الاجتماعية في عمر 65

ب. خذ التأمينات الاجتماعية بدءاً من عمر 62

ج. إذا كان عملك يتوقع أن يعيش لعمر 75، فإن تأجيل دفعات التأمينات الاجتماعية إلى العمر النظامي البالغ 65 سنة يعد مفضلاً عند $i = 0\%$ شهرياً

50.4 أ. AW = \$1,828، وهو استثمار جيد

ب. IRR = 15.3%، $\theta = 4$ سنوات، $\theta' = 5$ سنوات

ج. تتضمن العوامل الأخرى: سعر المبيعات للوحات المعاد العمل فيها، وعمر الآلة، وسمعة الشركة، والطلب على المنتج.

الفصل 5

1.5 أ. البديل II

ب. البديل II

ج. القاعدة 1؛ العائدات السنوية الصافية تختلف بين البدائل

2.5 أ. اختر التصميم 3 (AW = \$141.10)

ب. اختر التصميم 3 (FW = \$2,886.16)

3.5 اختر التصميم D3 (PW = -\$5,233,268.80)

4.5 اختر المنـــزل الشقتي (AW = \$32,016)

5.5 أ. 1؛

ب. 4؛

ج. 5؛

د. 2

6.5 أ. اختر المنتج 2 (PW = \$12,897)

ب. $IRR_{\Delta} = 10.4\%$، اختر المنتج 2

7.5 اختر C

8.5 $i'_{\Delta}\% = 13.7\% < 15\%$ لذا فإن الاحتفاظ بالبديل B هو الأفضل

9.5 اختر التصميم 3

10.5 اختر التصميم B

11.5 اختر A1؛ لأنه يعطي أكبر قيمة سنوية مكافئة AW (ولأن A2 غير مبرر اقتصادياً عند مستوى الطلب 91,000 وحدة في السنة).

12.5 أ. اختر التصميم C (AW = -$25,781)

ب. اختر التصميم C

13.5 اختر التصميم A (الغطاء الخرساني)

14.5 كلا الطريقتين تؤدي إلى اختيار المحرك B (PW = -$3,470.54)

15.5 اختر المحرك A (AW = -$3,606.43)

16.5 بافتراض التكرار؛ اختر البديل C (AW = $60.00)

17.5 اختر العملية S (AW = $1,639.84)

18.5 اختر الآلة D2 (التكلفة السنوية المكافئة = $25,116)

19.5 أ. B

ب. B

ج. B

د. استئجار الرافعة A لا يفضل على اختيار الرافعة (B)، ولكن سيكون من المفضل شراء الرافعة A

20.5 أ. المصباح المعياري أرخص بمقدار $0.44 في السنة

21.5 أ. اختر الآلة A (AW = $227)

ب. اختر الآلة A (PW = $1,139)

ج. اختر الآلة A ($i'_{\Delta} = 0 <$ %15)

22.5 أ. اختر البديل 1، AW = $4,552

ب. اختر البديل 1، AW = $4,552

ج. اختر البديل 2، FW = $47,179

23.5 L1 هو الاختيار المفضل

24.5 أ. اختر البديل E1 (AW = -$16,990)

ب. اختر البديل E2 (AW = -$19,256)

25.5 اختر الخطة A (CW = -$66,500)

26.5 اختر التصميم D1 (CW = -147,000)

27.5 اختر تصميم الجسر L (CW = -$378,733)

28.5 أ. CW = $34,591

ب. N = 80 سنة

29.5 اختر البديل E2 (PW = -$273,100)

30.5 أ. اختر البديل D1، ($FW = \$87,722$)

ب. اختر البديل D1، ($IRR_\Delta = 9.13\%$)

ج. بسبب أن $MARR = 12\% > IRR_\Delta = 9.13\%$

31.5 يوصى بالتصميم ER2

32.5 اختر المشروعين A1 و C1 للاستثمار

33.5 من 29 تركيب استبعادي، فإن التركيب 25 يعطي أعلى قيمة حالية عند $i = 10\%$؛ وينبغي تنفيذ الاقتراحات A1 و B1 و C1؛ أما المبلغ المتبقي والبالغ $200,000 فيفترض استثماره في مكان آخر في الشركة عند $MARR = 10\%$

34.5 استثمر في المشروعين X و Y (التركيب الاستبعادي # 4) ولهذا الاستثمار ($PW = \$17,520$)

35.5 أ. التركيبات الاستبعادية 0، 1، 2، 3

ب. $PW(12\%) = \$28,713$ للتركيب الاستبعادي 2

36.5 اختر التركيب الاستبعادي 2 (المشروعان A و B1) استناداً إلى القيم الحالية

37.5 اختر البديل S1 ($CW = -\$150,927$)

38.5 ينبغي التوصية بالمبنـــى المؤلف من 50 طابقاً

39.5 إنتاج المثلجات في أرباع غالونات

40.5 مخطط $PW(\Delta)$ مقابل $i\%$ يبين أن IRR_Δ تتم عند $i = 16.9\%$

41.5 $X = \$1,147,790$ كل خمس سنوات

43.5 اختر الخيار II للاستمرار في المشروع ($PW = \$43,792$)

الفصل 6

6.6 أ. $d_2 = \$6,000$

ب. $d_2 = \$7,143$

ج. $d_2 = \$11,200$

د. $d_2 = \$5,000$

7.6 أ. 5

ب. 3

ج. 4

9.6 الأسس = $120,000

.1 (د) $19,200

.2 (أ) $96,000

.3 (ج) $12,885

.4 (ب) 7 سنوات

.5 (أ) $17,148

6. (ب) $52,476

7. (ب) $7,494

10.6 أ. $B = \$17,200$

ب. $6,480

11.6 أ. $d_3 = \$3,428.57$؛ $BV_5 = \$42,857.15$

ب. $d_3 = \$5,485.71$؛ $BV_5 = \$32,571.43$

ج. $d_3 = \$6,297.38$؛ $BV_5 = \$27,759.86$

د. $d_3 = \$10,494.00$؛ $BV_5 = \$13,386.00$

هـ. $d_3 = \$4,285.71$؛ $BV_5 = \$40,714.30$

12.6 أ. 5 سنوات

ب. $d_4 = \$17,280$

ج. $BV_4 = \$25,920$ (تبدأ في السنة 5)

13.6 أ. GDS:

$d_1 = \$60,000$؛ $d_4 = \$34,560$

$d_2 = \$96,000$؛ $d_5 = \$34,560$

$d_3 = \$57,600$؛ $d_6 = \$17,280$

ADS: $d_1 = d_7 = \$25,000$

$d_2 = d_3 = \ldots = d_6 = \$50,000$

ب. $PW_{GDS} = \$221,431.15$؛ $PW_{ADS} = \$194,566.30$؛ $PW_{\Delta} = \$26,864.85$

14.6 ب. PW(SL) = $294,941؛ PW(DB) = $319,538؛ PW(GDS) = $360,720

15.6 أ. $d_3 = \$21,984$

ب. $BV_4 = \$19,786$

ج. $d^*_4 = \$70,015$

16.6 $d_4 = \$2,000$؛ $BV_4 = \$11,000$

17.6 أ. اهتلاك (نفاذ) التكلفة (هذه السنة) = $280,000

ب. نسبة احتياطي النفاذ (الاهتلاك) المئوية = $236,250؛ مقبول

18.6 أ. نفاذ التكلفة = $200,000 (الأعظم)

ب. نسبة احتياطي النفاذ = $43,000

19.6 تكلفة الوحدة المعدلة لاحتياطي الاهتلاك (النفاذ) = $0.371 في MCF

20.6 أ. $18,850

ب. $71,150

ج. $130,000

21.6 أ. الدخل الخاضع للضريبة = $1,700,000؛ ضريبة الدخل = $578,000

ب. الدخل الصافي بعد الضريبة = $1,122,000

ج. التدفق النقدي بعد الضريبة = $2,322,000

22.6 أ. (ب)

ب. (ج)

ج. (د)

د. (هـ)

هـ. (د)

و. (ج)

ز. (أ)

23.6 $t = 37.96\%$؛ $t = \%41.92$

24.6 ضرائب الدخل (مع المشروع) = $11,250

ضرائب الدخل (دون المشروع) = $9,250

25.6 $i\% = 4.4\%$ كل ستة أشهر، $r = \%8.8$ في السنة، $i = \%8.99$ في السنة (فائدة فعلية)

26.6 بافتراض التكرار؛ اختر البديل A: البلاستيك ($AW_A = -\$1,184$)

27.6 إذا كانت تكاليف الاستئجار < $8,733 في السنة، ينبغي استئجار الخزانات، وإلا فينبغي شراؤها

28.6 بافتراض التكرار؛ ينبغي اختيار المثبت X ($AW = -\$4,989$)

29.6 $IRR = 22.2\%$

30.6 اختر الآلة B ($AW = \$6,678, PW = \$60,000$)

31.6 اختر التصميم S1 ($AW = -\$290$)

32.6 أ. اختر الطريقة M2 ($PW = -\$54,211$)

ب. اختر الطريقة M2 ($AW = -\$9,180$)

33.6 المصروف السنوي المضاف يمكن أن يكون كبيراً بمقدار حتـــى $1,774 وسيبقى معدل العائد IRR أكبر من 10%

34.6 أ. MARR قبل الضرائب = 25%

ب. $MV_8 - BV_8 = \$10,000$

ج. لا تشتر الآلة الجديدة [$(PW_{ATCF}(15\%) = -\$25,082 < 0)$]

35.6 $N = 6$ سنوات

36.6 أ. اختر A ($AW_A = -\$7,883$)

ب. اختر A ($PW_A = -\$26,426$)

ج. اختر A استناداً إلى تحليل تزايد IRR

37.6 $864,135 في السنة

38.6 أ. $PW = -\$171,592$

ب. $AW = -\$37,115$

39.6 أ. IRR = %75.3؛

ب. IRR = %79.4؛

ج. IRR = %129.3

40.6 أ. $PW(10\%) = \$66,150$

ب. نعم

41.6 $PW(10\%) = \$17,208$

42.6 $AW(12\%) = \$3,468$ لكل من التدفق النقدي بعد الضريبة والقيمة الاقتصادية المضافة

43.6 لا، ليس استثماراً مربحاً $PW(MARR_{AT}) = -\$3,561.43 < 0$

44.6 التدفق النقدي بعد الضريبة لنهاية السنوات من 6 إلى 10 = $64,000

45.6 أ. التدفق النقدي بعد الضريبة لنهاية السنوات من 1 إلى 10 = $6,700,000

ب. $PW(12\%) = -\$2,143,660$

46.6 قبول العرض II

الفصل 7

4.7 $C_{2005} = \$262,780$

5.7 $\bar{I}_{2004} = 153.5$

6.7 أ. $\bar{I}_R = 154.9$ ؛ $\bar{I}_C = 203.4$

ب. $C_C = \$412,710$

7.7 أ. $\bar{I}_{2004} = 176$

ب. $\bar{I}_{2000} = 144.5$

ج. $C_{2004} = \$791,696$

8.7 التكلفة = $354,879

9.7 الفرق بين التقديرات العليا والدنيا هو 59.8%؛ لذا لا ينبغي أن يتوقع من التقدير أن يكون أكثر دقة من قرابة %50 +

10.7 التكلفة = $12,641,919

11.7 أ. التكلفة = $6,300 في السنة

12.7 أ. التكلفة = $229,707

ب. التكلفة = $127,512

13.7 التكلفة = $345,914

14.7 $C_{2006} = \$11,541$

15.7 أ. $Z_{8} = 108$ hr؛ $Z_{50} = 94.3$ hr

ب. $C_5 = 117.5$ hr

16.7 أ. $K = 19.7$ hr

ب. $Z_{1000} = 3.9$ hr

17.7 نسبة تخفيض في تكاليف النفقات العامة تبلغ 31.4%

18.7 التكلفة الكلية = $228,678

19.7 أ. $\bar{I}_{B1} = \frac{198.6}{127.3} = 1.56$ or <u>%159</u>

$\bar{I}_{B2} = \frac{192.0}{125.5} = 1.53$ or <u>%153</u>

ب. $3,351,600

20.7 أ. التكلفة Cost = 50,631 + 51.5 x (at x = 23,000 ft^2, cost = $1,235,131)

ب. $SE = 59,730$؛ $R = 0.9765$

21.7 أ. $y = 31.813 + 0.279\,x$

ب. $R = 0.99$

ج. $y = \$101.56$

22.7 سعر البيع للوحدة = $248.00

23.7 سعر البيع للوحدة = $31.50

24.7 أ. الربح الأعظمي = $26.04؛ هامش الربح = 6.61%

ب. التكلفة المستهدفة لهامش ربح 15% = $365.22 (لا يمكن تحقيقه)

25.7 X = 4,497 وحدة

26.7 أ. تكلفة التصنيع الكلية = $2,284.94؛ سعر البيع للوحدة = $2,741.92

ب. التكلفة المستهدفة = $2,000

28.7 التكلفة الكلية = $2,239,046

29.7 $s = 0.9$ (90% منحنـــي تعلم)

30.7 أ. سعر بيع الوحدة = $0.445 للوحدة

ب. التكلفة المستهدفة = $0.435 للوحدة

ج. يمكن تحقيق تخفيض مقداره $0.01 في تكلفة الوحدة عبر إعادة التفاوض على تكلفة مواد الإنتاج

31.7 تقديرات 1997 للمصنع تبلغ $320,274,240

<u>الفصل 8</u>

1.8 أ. $PW(i_c) = \$6,082$

ب. $PW(i_r) = \$8,111$

2.8 $N \approx 18$ سنة

3.8 اختر الحالة 2 (FW_5 = \$4,000)

4.8 البديل B له أقل قيمة حالية PW سالبة في الزمن 0 (PW = -\$369,070)

5.8 البديل 1 (PW = \$10,000)

6.8 \$31,746؛ \$32,069؛ \$31,564؛ و\$30,361

7.8 $f = 2.77\%$

8.8 FW_{10} = \$19,231

9.8 أ. الاستثمار الرأسمالي الكلي = \$24,230,790

ب. PW(12%) = -\$28,584,440

ج. AW(4%) = -\$3,524,460

11.8 P_0(A\$) = \$43,755

12.8 $N = 5$ سنوات

13.8 IRR_r = 1.85% في السنة

14.8 أ. FW(in A\$) = \$144,105

ب. AW(in R\$) = \$44,932

16.8 للمنتج A: $\bar{f} = 6.00\%$ في السنة؛ وللمنتج B $\bar{f} = 8.33\%$ في السنة

17.8 أ. التدفق النقدي بعد الضريبة = -\$50,640 (نهاية السنة 1)؛ -\$38,904 (نهاية السنة 2)؛

-\$33,194 (نهاية السنة 3)؛ 33,514– (نهاية السنة 4)؛ -\$33,865 (نهاية السنة 5)؛

-\$34,252 (نهاية السنة 6)؛

ب. $i_c = 15\%$ في السنة؛ PW = -\$146,084؛ EUAC = \$38,595

18.8 العائد السنوي = \$305,286

19.8 PW(18%) = -\$12,234

20.8 الاقتصاد في السنة 1 (بقيم A\$) يجب أن تكون \$11,875 لكل محرك لأجل نقطة التعادل

21.8 أ. AW(A\$) = -\$1,859

ب. AW(R\$) = -\$1,309

22.8 $IRR_{A \to B} < 0\%$؛ اختر الآلة A

23.8 X = \$393,790,000 (لكل من a و b)

24.8 اختر التصميم 2 (PW = \$5,789.86)

25.8 PW = -\$359,665

26.8 $i_c = 26\%$

27.8 أ. \$356,557

28.8 اختر بديل الشراء (FW_6 = -$1,823,920)

29.8 أ. 6.08 وحدة من X

ب. 6.91 وحدة من X

30.8 أ. i_{fc} = 36.08 في السنة

ب. i_{fc} = 18.44% في السنة

31.8 أ. PW(18%) = -$19,635، غير مقبول

ب. IRR_{fc} = 28.0% في السنة

ج. IRR_{US} = 14.29% < 18%؛ غير مقبول

32.8 i_{US} = 22.7%

PW(22.7%) = $70,583,300 > 0

نعم، هذا المشروع سيحقق معيار القرار الاقتصادي للشركة

33.8 يمكن إنفاق $39,836 للبرمجيات مع اتفاقية تحديث لمدة 3 سنوات (أي الخيار 1)

34.8 يقصد من هذه المسألة أن تكون تمريناً ذاتياً (وفق اختيار الموجه (المدرس))

الفصل 9

1.9 احتفظ بالرافعة القديمة ($PW_{Defender}$ = -$23,331 > $PW_{Challenger}$ = -$24,247)

2.9 احتفظ بالسيارة القديمة استناداً إلى تحليل التزايد

3.9 استبدل الرافعة القديمة ($AW_{Challenger}$ = -$3,678 > $AW_{Defender}$ = -$4,952)

4.9 أ. $N = 3$ سنوات

ب. $N = 1$ سنة

ج. $N = 4$ سنوات

5.9 $N = 3$ سنوات

6.9 استبدل المدافع بعد سنتين

7.9 أ. يجب أن تُبْدَل الآلة الحالية بالآلة الجديدة المحسنة فوراً

ب. احتفظ بالآلة الحالية لمدة سنتين أخريين

8.9 $N = 6$ سنوات

9.9 ينبغي الاحتفاظ بالمدافع لأن قيمة AW خلال عمره المجدي هي القيمة السالبة الأقل (-$15,382)

10.9 احتفظ بالآلة القديمة

11.9 تقوية الجسر الحالي

12.9 ينبغي الاحتفاظ بالآلة النابذة لمدة ثلاث سنوات قبل التخلي عنها

13.9 $N = 5$ سنوات

14.9 الاستثمار الكلي بعد الضريبة في المدافع يبلغ $13,938

15.9 أ. $N_{defender} = 1$ سنة؛ $N_{challinger} = 3$ سنوات

ب. $N = 2$ سنة

ج. الفرضيات: مدة تحليل لانهائية مع دورات متكررة من الاستبدال بالمتحدين (كل ثلاث سنوات) تبدأ في نهاية السنة الثانية

16.9 احتفظ بالمدافع (PW_{ATCF} = -\$3,677)

17.9 ب. احتفظ بالمدافع، مادام $ERR_{\Delta} < MARR$

18.9 احتفظ بالمدافع، مادام $i'_{\Delta} \approx 1.36\% < MARR$ (12%)

19.9 اختر المتحدي (PW_{ATCF} = -\$1,440,423)

20.9 احتفظ بالمدافع (AW_{ATCF} = -\$10,507)

21.9 اختر المدافع (PW_{ATCF} = -\$70,875)

22.9 اختر المتحدي (PW_{ATCF} = -\$46,793)

23.9 استئجار المتحدي ($i'_{\Delta} \approx 4.5\% < MARR$)

24.9 I = \$93,939

25.9 استبدل المحولات الحالية (CW = -\$4,239)

الفصل 10

4.10 القيمة السنوية الصافية هي أكثر حساسية للتغيرات في التدفق السنوي الصافي؛ إلا أن القرار بالاستثمار في المشروع غير حساس نسبياً للتغيرات في المجال المحدد.

5.10 أ. MV_2 = \$2,050

ب. $N = 7.3$ سنة

6.10 أ. $H = 867$ ساعة في السنة

ب. اختر المحرك من النوع XYZ (AW = -\$17,987)

7.10 أ. الخطة المفضلة غير حساسة نسبياً للأخطاء في تقدير النفقات السنوية.

ب. الخطة المفضلة غير حساسة نسبياً للأخطاء في تقدير MARR.

8.10 تكلفة الطاقة الكهربائية = 1.88 سنت لكل كيلو واط ساعة

9.10 X = \$933,953 العائدات السنوية في السنة

10.10 أ. المشروع جذاب اقتصادياً (AW = \$232,625)

ب. التصميم أكثر حساسية للتغيرات في معدل الإشغال

14.10 سماكة العزل المثلى هي سبعة إنشات

15.10 IRR ≥ 10% عندما تكون تكلفة الإصلاح لنهاية السنة 3 ≥ \$6,872

16.10 الارتفاع الأمثل للمبنـــى المقترح هو أربع طوابق خلال المجال المحدد من MARR؛ وما لم يكن MARR أقل من 17%، فإن المبنـــى المقترح سيكون غير مربح.

17.10 X = 362,500,000 Btu في السنة

18.10 أ. متفائل: AW = $23,330؛ الأكثر احتمالاً: AW = $14,325؛ متشائم: AW = -$9,184

19.10 أ. متفائل: AW = $23,192؛ الأكثر احتمالاً: AW = $14,984؛ متشائم: AW = -$7,552

20.10 بناء الجسر من أربع مسارب الآن (PW = -$350,000)

21.10 المضخة A هي الاستثمار الأفضل

22.10 اختر المحرك من النوع ABC (AW = -$9,831)

24.10 أ. اختر البديل B (PW = -$79,065,532)

ب. اختر البديل B (PW = -$60,788,379)، وهو أرخص بنسبة 23.1% نتيجة للحدود المشتركة في نهاية السنة 10

ج. لا يلغى بالبديل B

الفصل 11

1.11 اختر B

2.11 اختر البديل C

3.11 التوصية بـ F

4.11 عدم التوصية بأي بديل

5.11 اختر البديل B

6.11 أ. المشروعات B وC وE مقبولة للتمويل

ب. B > C > E (> D > A)

ج. اختر المشروع B

7.11 أ. ينبغي اختيار الخطط الثلاثة (A وB وC) (نسبة *B-C* أكبر من 1)

ج. المقدار الثابت المطروح من مقام وبسط النسبة *B-C* لا يؤثر تأثيراً ملموساً في النسبة المعاد حسابها

8.11 اختر RS-511 ($\Delta B/\Delta C = 1.03$)

9.11 أ. المنفعة العظمى – اختيار الحاجز

ب. التكلفة الدنيا – اختيار عدم التحكم في الفيضان

ج. القيمة العظمى للفرق بين المنافع والتكاليف – اختيار بناء سد صغير

د. الاستثمار الأكبر الذي يحقق تزايداً للنسبة B-C أكبر من الواحد؛ اختيار السد الصغير

هـ. أعلى نسبة *B-C* – اختيار السد الصغير (وهو الاختيار الأفضل). الاختيار الصحيح استناداً إلى تحليل التزايد سيكون باختيار السد الصغير كما يتضح في الجزء (د)

10.11 أ. يجب عدم التوصية بالخيار B

ب. اختيار B

11.11 المسار B هو المسار هو الأقل رفضاً

12.11 إذا كان يجب اختيار خيار ما، فالخيار هو بناء سد للتحكم بالفيضان

13.11 أ. الفشل في أخذ القيمة الزمنية للنقود في الحسبان

ب. الاحتفاظ بالرصيف الفولاذي أكثر اقتصادية (AW = -$29,332)

14.11 ينبغي إنشاء الجسر المأجور (B-C = 1.28)

15.11 أ. CW(10%) = $3,639,750

ب. B-C = 1.14

اختر التصميم الأولي (الموصوف في المسألة 14.11) ينبغي اختياره (ΔB/ΔC = - 0.16 <1)

16.11 إنشاء الحاجز (ΔB/ΔC = 1.17 > 1)

17.11 أ. التوصية بإنشاء النفق (B-C = 1.16 >1)

ب. X = $706,053

18.11 أ. اختر التصميم 3

ب. اختر التصميم 3

19.11 اختر التصميم B

20.11 اختر البديل A

الفصل 12

8.12 اختر البديل B، $\overline{RR}$ = $17,498

9.12 انتظر ثلاث سنوات للبناء $\left(\overline{RR}_2 = \$142,524 < \overline{RR}_1 = \$159,638\right)$

10.12 على الشركة أن تكون قادرة على شراء الطاقة بسعر 18.25 ميلز لكل كيلو واط ساعة

12.12 أ. $ATCF_5$ (in A$) = -$1,641

ب. T_5 (in A$) = $3,543

13.12 أ. RR_3 = $12,878.11

ب. زيادة في RR_3 تبلغ $8.33

14.12 بناء محطة توليد حرارية (RR = $525,088)

15.12 اختر البديل B (العائد المسوى المطلوب = $22,677)

16.12 البديل A هو المفضل حدياً للبديل B $(\overline{RR}_A = \$145,056; \overline{RR}_B = \$145,338)$

17.12 اختر البديل 2 (العائد المطلوب المسوى = $7,107)

الفصل 13

1.13 Pr(PW >0) = 0.10

2.13 E(PW) = -$3,500,000 لأربع حارات الآن، وE(PW) = -$3,839,500 لأربع حارات الآن وأربع حارات فيما بعد، إذاً ينبغي بناء جسر من أربع حارات الآن

3.13 لن يؤدي استخدام معدل فائدة $i = 15\%$ إلى عكس القرار الأصلي ببناء جسر مؤلف من أربع حارات الآن؛ ويُفضَّل الجسر من حارتين في حالة معدلات فائدة تتجاوز 16.78%

4.13 $E = 1,350$ يارد مكعب للخرسانة،

$V = 66,500$ (يارد مكعب)^2 للخرسانة؛

SD = 258 يارد مكعب للخرسانة

5.13 SD(R) = \$24.06

6.13 نفِّذ التصميم E؛ E(PW) = −\$239,414

7.13 ينبغي اختيار البديل T للحصول على أقل تكلفة سنوية كلية في كلتا الحالتين

8.13 ينبغي عدم إنشاء المصعد؛ $E(PW) = -\$85,142 < 0$

9.13 SD(PW) = \$79,005؛ التوصية بإنشاء المصعد لأن $E(PW) = \$115,848 > 0$ وأن SD(\$79,005) يبلغ فقط 68% من $E(PW)$

10.13 نعم؛ $E(PW_{AT}) = \$33,386 > 0$

11.13 أ. $V(PW) = 8,606.78 \times 10^6(\$)^2$، SD(PW) = \$92,773

ب. Pr{PW < 0} = 0.1؛ اقتراح شراء المعدة لأن $E(PW) = \$114,862$ هي المفضلة؛ SD(PW) = \$92,773 هي أقل من $E(PW)$؛ وأن Pr{PW < 0} = 0.1 هو احتمال منخفض.

12.13 أ. $E(PW) = \$175$؛

$V(PW) = 28.04 \times 10^6(\$)^2$؛

SD(PW) = \$5,295

ب. $Pr(PW \geq 0) = 0.68$

13.13 أ. $V(PW) = 1,097.8 \times 10^6(\$)^2$، SD(PW) = \$33,133

ب. Pr(PW > 0) = 0.57

$E(AW)_{R\$} = \$1,866$؛ ويظهر أن المشروع مثير للتساؤل وذلك لأن E(PW) موجبة ولكون SD(PW) تساوي مرتين تقريباً القيمة المتوقعة. وكذلك لأن Pr{PW > 0} = 0.57 هي قيمة مجزية بدرجة بسيطة.

14.13 $E(PW) = -\$7,599$؛

$V(PW) = 404.74 \times 10^6(\$)^2$، SD(PW) = \$20,118؛

$Pr(PW \leq 0)$ 0.70

15.13 $Pr\{X \geq 171\} = 0.7881$

16.13 Pr(AW < \$1,700) = 0.5871

17.13 $E(PW) = \$2,477$

$V(PW) = 1,096,863(\$)^2$

Pr(PW > 0) =0.9911

18.13 أ. $E(\text{PW}) = \$1,354$؛ $V(\text{PW}) = 1,639,240(\$)^2$

ب. $\Pr(\text{PW} \geq 0) = 0.8554$

ج. نعم؛ إذا كان PW عند (i = MARR) أكبر من الصفر فإن IRR > MARR. لذا، من الصحيح استنتاج أن $\Pr\{\text{IRR} \geq \text{MARR}\} = \Pr\{\text{PW} \geq 0\}$.

19.13 لما كان E(AW) < 0، فينبغي عدم إنشاء المصعد.

20.13 ب. E(PW) = $84,280 > 0 التوصية بشراء المعدة

21.13 البديل 1

22.13 بناء العبارة، AW = -$7,687 للعبارة مقابل تكلفة سنوية لتنظيف الجوانب تساوي -$10,000

23.13 القيمة التقديرية لمعلومات التجربة = $15,891

24.13 اختر التصميم الجديد، E(PW) = $20,225؛ EVPI = $,567

25.13 PW = $62,165 للمنتج الجديد، PW = $0 لعدم القيام بشيء، اختر المنتج الجديد

26.13 اختر البديل 2، E(PW) = $61,839؛ EVPI = $9,089

27.13 E = $3,162 لقيمة المسح

الفصل 14

6.14 $A = \$302,500$

9.14 $e_a = 12.5\%$

11.14 $C_B = 6.62\%$ في السنة

12.14 التركيب 1: EUAC(15%) = $6,264 شراء الرافعة

التركيب 2: EUAC(15%) = $6,731 استئجار الرافعة

13.14 التوصية باستئجار المعدة (AW = -$1,800)

14.14 أ. استئجار الآلة، AW = -$500

ب. استئجار الآلة ما دام معدل الإيجار السنوي أقل من $1,410

15.14 قيمة تابع الهدف = $219,887

16.14 قيمة تابع الهدف = $4,478

17.14 قيمة تابع الهدف = $2.47

18.14 قيمة تابع الهدف = $8,822

19.14 المثال 1.14 المحدث، $C_L = 5.28\%$

المثال 2.14 المحدث، $C_B = 3.29\%$

المثال 3.14 المحدث، أ. سعر السهم = $20.63 للسهم ب. $e_a = 12\%$

المثال 14.14 المحدث، e_p = %6.9، WACC = 8.09% في السنة.

الفصل 15

5.15 أ. البديل 2

ب. البديل 2

ج. البديل 2

6.15 أ. عدم حذف أي بديل من الدراسة

ب. حذف "الاحتفاظ بالنظام الحالي" من الدراسة

ج. تمر جميع البدائل التـــي تبقى متوفرة ("الاحتفاظ" تم حذفه سابقاً) وذلك لأن جميع الخيارات مقبولة في خاصية واحدة على الأقل

د. اختيار المشروع III

7.15 الهيمنة – لا يُحذف أي بديل

الاقتناع – يُحذف البديل A

المعجم – لا يُحذف أي بديل

أسلوب هيرفيتش – يُحذف البديل A

أسلوب التثقيل والجمع – ينبغي اختيار البديل B

8.15 أ. انظر (الجدول G8.15a)

ب. انظر (الجدول G8.15b)

ج. انظر (الجدول G8.15c)

نستنتج باستخدام طريقة المعجم أن المناخ الاجتماعي هي أكثر الخواص أهمية، وأن استخدام طريقة التثقيل والجمع سيؤدي أيضاً إلى اختيار أبكس Apex.

9.15 البديل A

10.15 الهيمنة – لا يُحذف أي عرض

الاقتناع – حذف العروض 1 و2، وقبول العرض 3

التفريق – لا يُحذف أي عرض

المعجم – قبول العرض 2

المقياس العديم البعد – قبول العرض 3

التثقيل والجمع – قبول العرض 3

11.15 يتضمن الحل عوامل ذاتية تختلف من طالب إلى آخر

12.15 أ. الهيمنة – لا يُحذف أي بديل

المجالات المجدية – حذف المتنافسات I وIV

المعجم – اختيار المتنافسة II

التثقيل والجمع – اختيار المتنافسة I

الجدول: G15.8a

الخاصية	الترتيب النسبـي	الترتيب المعير
المناخ الاجتماعي	1.00	1/2.08 = 0.481
المرتب المبدئي	0.50	0.5/2.08 = 0.240
التقدم الوظيفي	0.33	0.33/2.08 = 0.159
الطقس والرياضات	0.25	0.25/2.08 = 0.120
	2.08	

الجدول: G15.8b

الخاصية	البدائل			
	أبكس Apex (N.Y.)	سيكون Sycon (L.A.)	سيجما Sigma (GA.)	مكجرو – ويسلي Mc-Graw-Weseley (AZ.)
المرتب المبدئي	$35,000	$30,000	$34,500	$35,000
المكافئ عديم البعد (DE)	1.0	0.0	0.9	0.3

$$DE = \frac{\text{النتيجة السوأي – النتيجة التـسي تم جعلت عديمة البعد}}{\text{النتيجة السوأى – النتيجة الفضلى}}$$

الجدول: G15.8c

الخاصية	الوزن المعير	أبكس	سيكون	سيجما	مكجرو ويسلي
المناخ الاجتماعي	0.48	1 × 0.48	1 × 0.48	0.5 × 0.48	0 × 0.48
المرتب المبدئي	0.24	1 × 0.24	1 × 0.24	0.9 × 0.24	0.3 × 0.25
التقدم المهنـي	0.16	0 × 0.16	0 × 0.16	0.6 × 0.16	1 × 0.16
الرياضات والطقس	0.12	0 × 0.12	0 × 0.12	0.33 × 0.12	0.67 × 0.12
	المجموع	0.72	0.63	0.59	0.31

13.15 الهيمنة – لا اختيار
المجالات المجدية – لا اختيار
المعجم – المحلي 2
التثقيل والجمع – المحلي 2

14.15 X_{ij} 0.7 (الاحتفاظ بالأداة)
1.0 (شراء الجديدة)

